

ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO	1
2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	1
3. NORMATIVA DE APLICACIÓN	1
4. INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA	3
4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN	3
4.2. COLECTORES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA	3
4.2.1. Tipos	3
4.2.1.1. Colectores de polipropileno	3
4.2.1.2. Colectores de placa plana	4
4.2.1.3. Colectores de tubos de vacío	4
4.2.2. Solución adoptada	4
4.3. COLOCACIÓN EN CUBIERTA	6
4.4. FLUIDO CALOPORTADOR	6
4.4.1. Agua de red	6
4.4.2. Fluidos orgánicos	6
4.4.3. Aceites de silicona	6
4.4.4. Agua con adición de anticongelante	7
4.5. RED DE TUBERIAS CIRCUITO PRIMARIO	8
4.5.1. Tuberías de cobre	8
4.5.2. Tuberías de acero galvanizado	8
4.5.3. Tuberías de acero negro	8
4.5.4. Solución adoptada	9
4.6. AISLAMIENTO CIRCUITO PRIMARIO	9
4.7. INTERCAMBIADOR DE CALOR	10
4.7.1. Sistema consumo abierto o directo sin intercambiador	10

4.7.2. Intercambiador de placas	10
4.7.3. Intercambiador interno en el depósito acumulador	10
4.8. DEPÓSITO ACUMULADOR A.C.S.	11
4.9. BOMBA DE RECIRCULACIÓN	13
4.10. VASO DE EXPANSIÓN	14
4.10.1. Vasos de expansión abiertos	14
4.10.2. Vasos de expansión cerrados	14
4.11. SISTEMA DE LLENADO DEL CIRCUITO PRIMARIO	14
4.12. CONTROL DEL SISTEMA	15
4.13. SEGURIDAD	15
4.13.1. Protección del circuito primario contra congelamiento	15
4.13.2. Protección del circuito primario – acumulador contra sobrecalentamiento	15
4.13.3. Protección del circuito de consumo	16
4.14. LEGIONELA	16
4.14.1. Definición	16
4.14.2. Criterios básicos de diseño	17
4.14.3. Programa de mantenimiento	17
5. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN	18
5.1. FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA	18
5.2. POTENCIA NECESARIA	21
5.3. COMBUSTIBLE UTILIZADO	22
5.4. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN	22
5.4.1. Calefacción eléctrica	22
5.4.2. Calefacción por aire	22
5.4.3. Calefacción convencional	22
5.4.3.1. Radiadores	23

5.4.3.2. Suelo radiante (Solución adoptada)	23
5.5. DISTRIBUCIÓN DE LAS TUBERIAS	24
5.5.1. Tubería de distribución principal	24
5.5.2. Serpentes	24
5.6. REGULACIÓN DEL SISTEMA	26
6. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL	26
6.1. CARACTERISTICAS GAS NATURAL	26
6.2. TALLO DE ACOMETIDA	27
6.3. ARMARIO DE REGULACIÓN	27
6.4. DISTRIBUCIÓN A CALDERA	29
6.5. LOCALIZACIÓN DE LA CALDERA	30
6.6. CALDERA	30
6.7. SALIDA DE HUMOS	31
7. VALVULERÍA	31
7.1. VÁLVULA DE CORTE	31
7.2. VÁLVULA ANTIRRETORNO	32
7.3. VÁLVULA DE SEGURIDAD	32
7.4. PURGADORES AUTOMÁTICOS	33
7.5. VÁLVULA DOS VÍAS TODO-NADA	33
7.3. VÁLVULA MEZCLADORA 3 VÍAS	33
8. PRESUPUESTO	34
8.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	34

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Bomba de recirculación	13
Imagen 2. Distribución ideal de la temperatura	23
Imagen 3. Configuración doble serpentín	24
Imagen 4. Configuración espiral	24
Imagen 5. Distribución de la temperatura en el serpentín	25
Imagen 6. Armario de regulación	28
Imagen 7. Caldera NOVANOX 24/24	30
Imagen 8. Válvula de corte	31
Imagen 9. Válvula antirretorno	32
Imagen 10. Válvula de seguridad	32
Imagen 11. Purgador automático solar	33
Imagen 12. Válvula de 3 vías mezcladora con servomotor y racores de unión	33

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es implantar un sistema de producción de ACS (agua caliente sanitaria), mediante gas natural con apoyo solar, y la implantación de calefacción por suelo radiante, mediante gas natural, en una vivienda unifamiliar de tres plantas situada en la calle Estercuel de Tudela.

2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La vivienda unifamiliar se encuentra en el municipio de Tudela en la calle Estercuel. Está construida entre otros dos edificios de similares medidas, quedando únicamente en contacto con el exterior las fachadas norte y sur. El edificio tiene orientación sur desviada 15 grados hacia el este.

La cubierta del edificio es a dos aguas con una inclinación de 30° y una superficie total de 56 m² dividida en mitades iguales en vertiente sur y norte. Las tejas de la cubierta son tipo mixta.

Consta de 3 plantas de 2,6 metros de altura cada una. En la planta baja está situado el garaje que es donde se ubicará la caldera y el depósito acumulador de ACS, con una superficie de 20m². Además, en esta planta, la zona calefactada consiste en un baño, el recibidor y el salón-cocina con una superficie habitable total de 51,3 m². El pavimento de toda la planta es de mármol.

La planta primera consta de un distribuidor con 3 dormitorios y un baño, la superficie habitable es de 60,1 m². El pavimento del distribuidor y el baño es de mármol mientras que el de los dormitorios es de parquet.

La planta segunda consta de un dormitorio con un baño y terraza. La superficie habitable es de 42 m². El pavimento sigue la misma estética que en la planta primera.

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se diseña la instalación de acuerdo a las siguientes normas:

- **Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas.**
Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, del Ministro de Presidencia.
BOE: 29 de agosto de 2007
- **Código técnico de la edificación, documento básico de ahorro de energía.**
- **Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. (CTE-HE4)**
BOE: Abril de 2009
- **Código técnico de la edificación, documento básico sobre salubridad (CTE-HS)** BOE: 3 de diciembre de 2009

- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)**
- **Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).**
- **Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).**
- **Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).**
- **Ley número 88/67 de 8 de noviembre: *Sistema Internacional de Unidades de Medida SI.***
- **Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.**
- **Orden 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.**
- **Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 y se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.**
- **Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.**
- **UNE-EN 12007:** Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación inferior o igual a 16 bar. Parte 2: Recomendaciones funcionales específicas para el polietileno (MOP inferior o igual a 10 bar).
- **UNE-EN 12186:** Sistemas de distribución de gas. Estaciones de regulación de presión de gas para el transporte y la distribución. Requisitos de funcionamiento.
- **UNE-EN 12327:** Sistemas de suministro de gas. Ensayos de presión, puesta en servicio y fuera de servicio. Requisitos de funcionamiento.
- **CTN: AEN/CTN 60 - COMBUSTIBLES GASEOSOS E INSTALACIONES Y APARATOS DE GAS**
- **UNE-EN 1594:** Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación superior a 16 bar. Requisitos funcionales.
- **UNE-EN 60310:** Canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar.
- **UNE-EN 60311:** Canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión máxima de operación hasta 5 bar.

- **UNE-EN 60312:** Estaciones de regulación para canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión de entrada no superior a 16 bar.

4. INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (A.C.S.)

4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSTALACIÓN

Existen diferentes configuraciones a la hora de realizar una instalación solar de ACS:

a- Según el sistema de circulación del circuito primario el sistema puede ser:

- Circulación forzada, cuando interviene una bomba para hacer circular el fluido del primario. (Solución adoptada)
- Circulación gravitatoria, cuando la circulación del fluido se realiza por diferencia de densidades.

b- Según el sistema de transferencia de calor entre el primario y el secundario puede ser:

- Transferencia abierta, cuando el fluido del circuito primario es el agua de consumo y no hay diferencia entre circuito primario y secundario.
- Mediante intercambiador de placas, en este caso se necesita una bomba para el circuito secundario.
- Intercambio por serpentín en el depósito acumulador, en este caso se puede prescindir de la bomba de impulsión del circuito de consumo si la presión de red lo permite. (Solución adoptada)

c- Según el sistema auxiliar de energía:

- Directo, cuando el agua demandada pasa siempre a través del sistema de calentamiento auxiliar (caldera) y dependiendo de la temperatura a la entrada de caldera se aportara energía auxiliar o no. (Solución adoptada)
- Indirecto, cuando la caldera calienta el agua de consumo a través de un intercambiador de serpentín en otro depósito.

Así pues, nuestra instalación de ACS es un sistema de circulación forzada con intercambiador de serpentín interno directo.

4.2. COLECTORES SOLARES DE BAJA TEMPERATURA

4.2.1. Tipos

4.2.1.1. Colectores de polipropileno

Se componen de una gran cantidad de diminutos tubos de dicho material, por los que circula el agua que se calentará. Recomendados para el calentamiento de piscinas exteriores en verano, ya que su temperatura de trabajo es del orden de 25-35 °C. Sus

perdidas de calor al exterior son grandes, lo que limita su uso en otro tipo de instalaciones. Su precio oscila entre 60-90 euros/m².

4.2.1.2. Colectores de placa plana

Su temperatura de trabajo se sitúa en un rango de 50-70 °C, por lo que están indicados para producir agua caliente para muy diversas aplicaciones: ACS, calefacción por suelo radiante, etc. Su precio oscila entre 180-240 euros/m².

4.2.1.3. Colectores de tubos de vacío

Los colectores de tubos de vacío poseen un mejor rendimiento y proporcionan mayores temperaturas que los colectores de placa plana, pudiendo llegar a temperaturas de trabajo por encima de 70 °C. La aplicación de este tipo de colectores es el calentamiento de agua para instalaciones de calefacción por radiadores convencionales e instalaciones de refrigeración por medio de máquinas de absorción. Su coste oscila entre 500-600 euros/m².

4.2.2. Solución adoptada

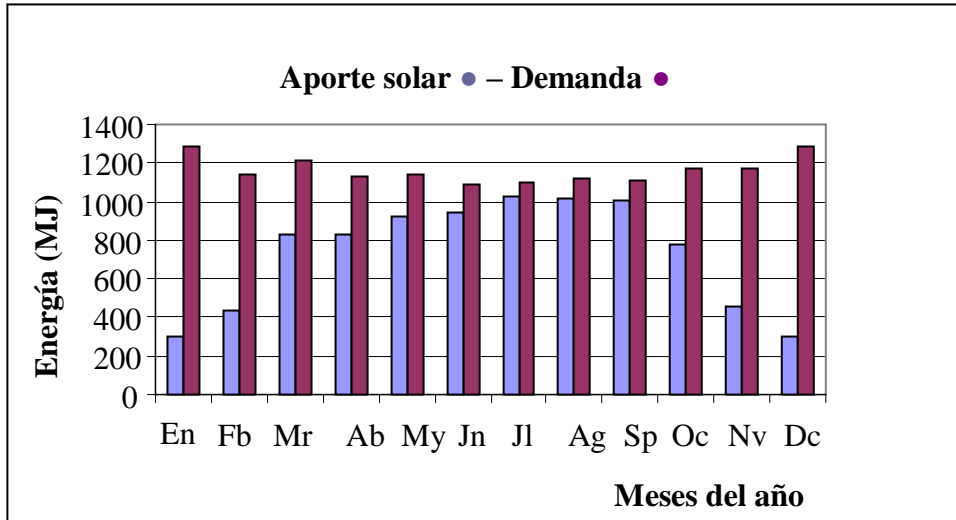
Elegimos utilizar colectores de placa plana principalmente por la gran diferencia de precio entre los diferentes tipos, ya que la zona del proyecto no es una zona especialmente fría como para aconsejar la utilización de colectores de tubos de vacío.

Dentro de este tipo de colectores se elegirá el de mayor rendimiento conforme a los cálculos y a la superficie de la vivienda, cumpliendo siempre la normativa.

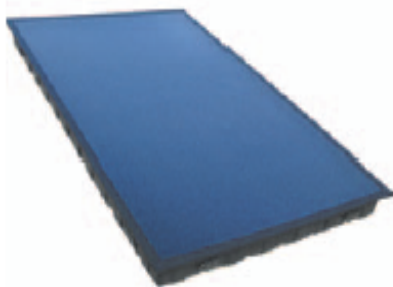
Los resultados de los cálculos se exponen a continuación. En la siguiente tabla se muestra el porcentaje en tanto por uno de cobertura solar de energía para ACS tanto mensualmente como la media anual, que asciende a un 64% del total para una inclinación de 30° sobre la horizontal.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
f	0.24	0.39	0.68	0.73	0.81	0.87	0.94	0.91	0.91	0.67	0.39	0.23	
Q útil (MJ)	303	439	825	829	923	945	1029	1020	1008	782	456	297	8858
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288	13956
% cobertura	0.24	0.39	0.68	0.73	0.81	0.87	0.94	0.91	0.91	0.67	0.39	0.23	0.635

En el siguiente diagrama de barras se compara la energía de ACS demandada cada mes por el usuario y la energía de ACS aportada por el sol. De esta forma se ve rápidamente la deficiencia de esta tecnología en los meses más fríos del año y su eficacia durante el verano.



Así pues, conforme a los parámetros anteriores, se elige el colector de la casa Roth modelo F4-Heliostar 218.



Captador plano Roth F4-Heliostar 218

Para su instalación tanto en vertical como en horizontal.

Superficie: 2,18m² bruta, 1,96m² apertura, 1,95m² absorbadora.

Con 2 conexiones

Medidas: 1820 x 1200 x 108 mm

Peso 33,9 kg

4.3. COLOCACIÓN EN CUBIERTA

La forma de colocación será la indicada por el fabricante para cada modelo de captador para teja mixta.

El modelo elegido para nuestro caso (Roth F4-Heliostar 218) permite su instalación tanto en horizontal como en vertical.

La decisión adoptada ha sido la de colocar todos los colectores en una misma fila en posición vertical, que es la forma más estética por las dimensiones de la cubierta.

La colocación exacta se puede apreciar en los planos.

4.4. FLUIDO CALOPORTADOR

El fluido caloportador es el que pasa por el absorbedor, transfiriendo la energía térmica absorbida al intercambiador de calor y/o al acumulador. Hay cuatro tipos de fluidos distintos:

- a- Agua de red
- b- Aceites de silicona
- c- Líquidos sintéticos o derivados del petróleo.
- d- Agua con adición de anticongelante

4.4.1. Agua de red

Puede ser utilizada como fluido caloportador en instalaciones de circuito abierto (sin intercambiador de calor y un solo circuito) o circuito cerrado (con intercambiador de calor que separa los circuitos primario y secundario).

El uso de agua de red es típico en instalaciones de circuito abierto. En este caso, hay que tener en cuenta que habrá que utilizar en el circuito materiales dedicados a la conducción de agua potable.

4.4.2. Fluidos orgánicos

Existen dos tipos de fluidos orgánicos, sintéticos y derivados del petróleo. Son tóxicos por lo que se utilizan en circuitos cerrados con intercambiador de calor.

Son inflamables y químicamente estables a altas temperaturas.

Su uso en instalaciones solares térmicas de baja temperatura está muy limitado por su elevado coste.

4.4.3. Aceites de silicona

Son tóxicos por lo que se utilizan en circuitos cerrados con intercambiador de calor.

Este tipo de fluidos son estables y no son inflamables.

Su principal inconveniente es el elevado coste, lo que limita su utilización en instalaciones de baja temperatura.

4.4.4. Agua con adición de anticongelante

Este fluido protege al circuito primario del riesgo de congelación. No conviene añadir más anticongelante del necesario ya que la adición de anticongelante modifica las propiedades físicas del agua. Es el sistema que se va a utilizar.

El agente anticongelante seleccionado es glicol, recomendado por el fabricante. El fluido térmico se consigue mezclando el anticongelante con agua. La proporción de mezcla depende de las condiciones climatológicas.

Seleccionaremos la concentración de un 40% de anticongelante ya que el punto de congelación será de -20°C , siendo -16°C la temperatura mínima histórica de Navarra.

Características:

- Protección contra la corrosión y la calcificación.
- Mantiene la eficiencia del sistema a lo largo de su vida útil.
- Previene la contaminación bacteriana.
- Compatible con todos los metales y materiales comúnmente usados en los sistemas de calentamiento.
- Combina propiedades anticongelantes y de protección anticorrosivas.
- Protege agua calentada, enfriada y sistemas solares.

El líquido protector glicol consiste en una combinación de anticongelante e inhibidor, que proporciona protección, durante largo tiempo, a los sistemas domésticos de calentamiento contra la formación de corrosión interna y de depósitos de cal.

Previene la corrosión de todos los metales empleados en dichos sistemas, como los metales férricos, el cobre y sus aleaciones, y el aluminio.

Está especialmente recomendado para su uso en sistemas solares. Para una protección continua se recomienda que los niveles de líquido sean revisados regularmente (de forma anual).

4.5. RED DE TUBERIAS CIRCUITO PRIMARIO

Según el CTE, en las tuberías del circuito primario sólo se pueden utilizar como materiales el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosivas.

Con objeto de evitar pérdidas térmicas la longitud de tuberías del sistema debe ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y perdidas de carga en general. En los planos se detalla la colocación de las tuberías.

Los tramos horizontales tendrán una pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación.

Una vez montado el circuito primario se someterá a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la máxima presión de servicio al menos durante 1 hora.

A continuación vemos las propiedades de los distintos tipos de tuberías según el material.

4.5.1. Tuberías de cobre

Es un material muy utilizado. Es muy maleable y dúctil, y además, su unión mediante soldadura capilar es sencilla.

Aguanta muy bien la corrosión, tanto interior como exterior.

La pérdida de carga para el cobre es más baja que para otros materiales, como por ejemplo el acero, por lo que es posible usar diámetros inferiores para transportar la misma cantidad de fluido consiguiendo abaratar costes.

4.5.2. Tuberías de acero galvanizado

Se utilizan mucho en instalaciones de fontanería para el transporte de agua caliente sanitaria, pero no deben utilizarse en el circuito primario ya que la protección de zinc que utilizan se deteriora por encima de los 60 °C.

4.5.3. Tuberías de acero negro

El uso de este tipo de tuberías en circuito primario de instalaciones solares está desaconsejado, ya que la renovación del fluido que se produce al actuar los sistemas de protección contra sobrecalentamientos y los sistemas de reposición produce una fuerte corrosión sobre el acero negro.

Requiere ser pintado exteriormente para evitar su corrosión.

4.5.4. Solución adoptada

Para elegir el tamaño de la tubería se tienen que cumplir estos dos límites:

- 1- La pérdida de carga por cada metro lineal de tubo no ha de superar los 40 mmca
- 2- La velocidad máxima del fluido será de 2 m/s en el circuito primario y de 2,5 m/s en el circuito secundario.

En los cálculos decidimos utilizar un diámetro interior de 16 mm y 18 mm de diámetro externo de cobre por sus mejores características que el resto de materiales.

4.6. AISLAMIENTO CIRCUITO PRIMARIO

El aislamiento térmico de equipos y tuberías cumple la función de reducir la transmisión de calor entre el fluido (caloportador) y el ambiente con objeto de ahorrar energía. El aislamiento térmico de tuberías y equipos podrá instalarse solamente después de haber efectuado las pruebas de estanqueidad del sistema y haber limpiado y protegido las superficies de tuberías y aparatos.

El aislante recubrirá toda la longitud del circuito primario solar tanto en el exterior como en el interior de la vivienda.

Las dimensiones del aislamiento se calculan en el apartado de cálculos de ACS.

Elegimos el aislante para exteriores de la marca Roth cuya conductividad térmica es de 0,035 W/m°C a 10°C, por lo tanto elegimos el espesor de 18x32, es decir, diámetro interno 18 mm y espesor 32 mm, que cumple con la norma correspondiente.

Es un aislamiento flexible de EPDM, de celdas cerradas y caucho sintético. Resistente al ozono y a los rayos UV.

$\lambda_{10}=035 \text{ W/m}^{\circ}\text{C a } 10^{\circ}\text{C}.$

4.7. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Un intercambiador de calor es un dispositivo para transferir energía térmica entre dos circuitos. En una instalación solar hay 3 posibles opciones: intercambiador externo al depósito (intercambiador de placas), intercambiador interno al depósito (serpentín, doble envolvente, etc.) o no poner ningún tipo de intercambiador.

4.7.1. Sistema consumo abierto o directo sin intercambiador

En las distintas configuraciones posibles en sistemas de ACS solar existe la posibilidad de calentar el agua de consumo directamente a través de los colectores solares.

Este método presenta la ventaja de ser más económico al simplificar la instalación, lo cual no se ve compensado por la desventaja de que sólo es posible su utilización en climas en los que no se produzcan heladas por la imposibilidad de protección frente a éstas.

4.7.2. Intercambiador de placas

Los intercambiadores de placas están constituidos por una serie de placas metálicas, de tamaños normalizados por cada constructor, que se acoplan unas en otras, en mayor o menor número, según las necesidades térmicas, en un bastidor metálico que las mantiene unidas.

El intercambiador de placas dispone de 4 tuberías: 2 de entrada de cada circuito y 2 de salida de cada circuito.

Este tipo de instalación requiere de dos bombas recirculadoras, una para el circuito primario solar y otra para el circuito secundario de calentamiento del depósito de agua. Se suele utilizar en instalaciones con depósitos de acumulación de más de 1000 litros, consiguiendo un mayor rendimiento, debido a que la circulación forzada del lado del secundario aumenta la transferencia de calor por convección.

4.7.3. Intercambiador interno en el depósito acumulador

La principal ventaja de este tipo de intercambiador es que al ser interno al depósito de acumulación se abarata la instalación, ya que se evita el intercambiador de placas y una segunda bomba de recirculación para el circuito secundario. Por otra parte, también se gana espacio.

Se suelen utilizar en instalaciones pequeñas, con depósitos de acumulación inferiores a 1000 litros. Se consigue un mayor rendimiento que con un intercambiador externo, ya que las menores pérdidas térmicas al exterior compensan la menor convección en el lado del secundario.

En nuestro caso utilizaremos este tipo de intercambiador.

4.8. DEPÓSITO ACUMULADOR A.C.S.

El acumulador en una instalación de energía solar térmica es el elemento encargado de almacenar el agua caliente que se genera en los colectores solares para su utilización posterior.

Su necesidad se debe a que el aporte de energía proviene del sol, que es una fuente de energía intermitente y variable, por lo que es necesario acumularla para su correcto disfrute. Estos depósitos pueden mantener la temperatura del agua caliente durante varias horas debido a que están bien aislados térmicamente.

En función del material los depósitos pueden ser de acero inoxidable, aluminio, fibra de vidrio reforzada, etc.

- El acero necesita protección interior contra la corrosión, ya sea mediante pintura tipo “epoxi” vitrificado, con ánodo de magnesio, o galvanizado en caliente. El acero inoxidable es más caro por lo que en la práctica es menos utilizado que el vitrificado.
- El acero negro no se permite para acumuladores de agua de consumo.
- El aluminio, aunque resulte más económico, presenta graves problemas de corrosión, por lo que desechamos su uso.

En función del modo de transferencia de calor, los depósitos pueden ser de mezcla o con intercambiador interno de tipo serpentín o de doble envolvente.

También existen diferentes tipos en función de su posición, horizontales y verticales.

Como el agua disminuye su densidad al aumentar su temperatura, conforme mayor sea la altura del depósito mayor será la diferencia entre la temperatura en la parte superior e inferior del depósito. En consecuencia, los depósitos verticales tienen mayor estratificación térmica que los horizontales.

Para calentar el agua en los colectores solares la toma de agua debe estar situada en la parte inferior del depósito, para recircular primeramente el agua más fría y aumentar el rendimiento de los colectores. Por ello, utilizaremos depósitos verticales.

Por todo lo anterior, se elige un depósito acumulador de acero vitrificado con serpentín interno y disposición vertical. La capacidad es de 400 litros y viene determinada según los cálculos.

Interacumuladores para agua caliente sanitaria modelo DUO 1HL. 10 bar / 95°C.
Fabricados en acero con doble capa de recubrimiento de esmalte vitrificado al vacío.
Intercambiador de calor en serpentín de acero ST-37 / S235JRG2 de gran superficie de intercambio.

Incluyen: Ánodo de magnesio, termómetro, aislante térmico de espuma de poliuretano y funda libre de CFC/FCKW.

Especialmente indicado para bombas de calor o calderas de gas.

Descripción	Artículo	
DUO 1HLA con funda gris plata (RAL 9006)	Capacidad l	
	300	25170630
	400	25170640
	500	25170650

Datos técnicos		300	400	500	
	Diámetro D	mm	680	680	760
	Altura H	mm	1435	1800	1806
	Altura Diagonal	mm	1595	1930	1965
	Peso vacío	Kg	170	212	254
	Brida	DN	110	110	110
	Máx.Pres.de trabajo	Bar	10	10	10
	Máx.Temp.de trabajo	°C	95	95	95
	Superficie de calefacción				
Rend. permanente	kW	90	116	115	
Rend. permanente ¹⁾	l/h	2200	2840	2820	
Índice rendimiento ¹⁾	N _L	14	21	24	
Superf. intercambio	m ²	3,5	5	6	
Pérdidas	kWh/24h	2,2	2,5	2,7	
Conexiones					
Agua fría	IG	1"	1"	1"	
Agua caliente	IG	1"	1"	1"	
Circulación	IG	3/4"	3/4"	1"	
Retorno de calefacción	IG	5/4"	5/4"	5/4"	
Salida de calefacción	IG	5/4"	5/4"	5/4"	
Sensor	IG	1/2"	1/2"	1/2"	
Calefacción electrica	IG	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	

4.9. BOMBA DE RECIRCULACIÓN

La bomba de recirculación es la encargada de hacer circular el fluido caloportador a través del circuito primario.

Para ello deberá generar una diferencia de energía en el fluido entre la salida y el retorno capaz de superar las pérdidas producidas a lo largo del circuito.

Las bombas pueden ser de dos tipos, de impulsión y de recirculación.

- Las bombas de impulsión generan una gran presión en su salida y una gran depresión en el retorno. Son más utilizadas para impulsar fluidos de un punto de menor energía a otro de mayor energía en circuitos abiertos.
- Las bombas de recirculación generan una mínima diferencia de presiones y generalmente se utilizan en circuitos cerrados en los que el punto de salida y el de retorno coinciden, será por tanto el tipo de bomba necesario en nuestra instalación.

En base a los cálculos realizados se obtiene que la mejor solución es la bomba de la casa Grundfos modelo UPS Solar 25-120 180 (Imagen 1).



Imagen 1. Bomba de recirculación

En la parte de cálculos y en el pliego de condiciones se detallan las características de la bomba.

4.10. VASO DE EXPANSIÓN

Es el elemento encargado de absorber las variaciones de presión en los circuitos hidráulicos cerrados debido a la dilatación del fluido.

Existen diferentes tipos de vasos de expansión:

4.10.1. Vasos de expansión abiertos

La altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario.

4.10.2. Vasos de expansión cerrados

Los vasos de expansión cerrados se conectarán en la aspiración de la bomba. La cámara de compensación se presurizará siguiendo las recomendaciones del fabricante.

La membrana de los vasos de expansión cerrados situados en circuitos de consumo será compatible con las normas de salubridad.

Son más utilizados que los anteriores debido a que se elimina la entrada de oxígeno en el circuito y se eliminan pérdidas de fluido por evaporación con el consiguiente disminución de mantenimiento.

En nuestro caso utilizamos vasos de expansión cerrados de la marca Ibaiondo modelo 5 SMF de 5 litros de capacidad. El dimensionado del vaso se detalla en los cálculos.

4.11. SISTEMA DE LLENADO DEL CIRCUITO PRIMARIO

En la sala de calderas, en la tubería de impulsión después de la bomba se deja preparada la tubería de llenado, cerrada mediante válvula de bola y de apertura manual.

El llenado se realizará con la mezcla de agua-glicol estipulada por personal especializado y con los medios necesarios, bomba de impulsión y depósito para la mezcla como mínimo.

4.12. CONTROL DEL SISTEMA

Para un correcto control de la instalación se necesita al menos la recogida de los siguientes datos:

- a- Temperatura del fluido caloportador en los colectores solares.
- b- Temperatura del agua en el acumulador solar.
- c- Temperatura del agua en el circuito de consumo.

Para la regulación de la instalación se ha elegido la centralita de la casa Roth modelo BW/H, que recogerá los datos de los sensores actuando sobre bombas y válvulas.

Los sensores utilizados son sondas de inmersión PT1000 para la temperatura.

Los actuadores son:

Válvula 2 vías *todo-nada* Kvs 5,3

Válvula mezcladora 3 vías Roth BM

Bomba de recirculación Grundfos UPS solar 25-120 180

El funcionamiento se explica en el apartado “control y funcionamiento” del libro de cálculos.

4.13. SEGURIDAD

4.13.1. Protección del circuito primario contra congelamiento

Para evitar el congelamiento del fluido caloportador en el invierno se utiliza la mezcla de agua-anticongelante ya mencionada en apartados anteriores.

4.13.2. Protección del circuito primario – acumulador contra sobrecalentamiento

El método f-chart no permite calcular hora a hora la radiación solar por lo que es imposible saber con exactitud el tiempo durante el cual se superará en los colectores solares la temperatura de seguridad.

El problema del circuito primario no es tanto el aumento de temperatura, que es aguantado sin problemas por los componentes del sistema, sino por la sobre-presión y la vaporización del fluido caloportador causada por ese exceso de temperatura.

A demás de la protección pasiva del circuito en caso de sobre-presión (válvulas de seguridad con resorte, vaso de expansión), existen varios métodos de protección activos para evitar el sobrecalentamiento del circuito primario (aero-termos, calentamiento piscinas,...).

El método elegido es el siguiente:

Cuando la temperatura en las tuberías del colector supere la del acumulador la bomba se activará, de esta forma la temperatura en el circuito primario disminuirá calentando el agua del acumulador y llegará un punto donde la temperatura del acumulador esté por encima de la temperatura de consumo establecida de 45°C.

Cuando el fluido en el acumulador supere la temperatura establecida de 80°C, una válvula de seguridad expulsará el agua de consumo al desagüe, con lo que entrará agua fría de red disminuyendo la temperatura del depósito.

El principal inconveniente de este sistema es la pérdida de agua, mientras que la principal ventaja es la economía de la instalación ya que no se precisa instalar elementos costosos.

4.13.3. Protección del circuito de consumo

Según el CTE, en sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura del agua en los puntos de consumo pueda exceder de 60°C (en nuestro caso llegará a 75°C), debe instalarse un sistema automático de mezcla (válvula de 3 vías mezcladora) que limite dicha temperatura a 55°C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios antilegionela.

4.14. LEGIONELA

4.14.1. Definición

La legionela es una bacteria que se halla en medios acuáticos naturales y que encuentra un hábitat muy adecuado en sistemas de agua, creados por el hombre, que actúan como amplificadores y propagadores de la bacteria.

Si se dispersa en el aire y penetra en el sistema respiratorio puede producir infecciones en el hombre en dos formas clínicas diferenciadas: la infección pulmonar o “enfermedad del legionario”, que produce neumonía con fiebre pudiendo llegar a ser mortal, y la forma no neumónica conocida como “fiebre de Pontiac”, que se manifiesta como un síndrome febril agudo y de pronóstico leve.

La multiplicación de la bacteria depende de la temperatura del agua, de su contenido en microorganismos y materia orgánica e inorgánica, que están relacionados con el nivel de suciedad y estancamiento del agua.

La temperatura del agua para que se produzca la proliferación de la bacteria está entre 20 y 45°C, siendo la óptima alrededor de 37°C. A temperaturas muy bajas queda en letargo y vuelve a multiplicarse a temperaturas favorables. A temperaturas superiores a 70°C la bacteria muere casi instantáneamente.

Para impedir la multiplicación de la legionela en las instalaciones hasta concentraciones infectantes para el ser humano, deben tomarse las siguientes medidas preventivas generales:

- Evitar estancamientos de agua por medio de un diseño adecuado de la instalación.
- Eliminar o reducir zonas sucias a través del programa de mantenimiento.
- Impedir la multiplicación y supervivencia de la bacteria en la instalación mediante una desinfección continua de la instalación y un control de la temperatura.

4.14.2. Criterios básicos de diseño

- Garantizar la total estanqueidad y correcta circulación del agua evitando su estancamiento.
- Disponer de suficientes puntos de purga, adecuadamente dimensionados, para vaciar completamente la instalación permitiendo la eliminación completa de sedimentos.
- Aislar térmicamente equipos, aparatos y tuberías.
- Los depósitos situados en el exterior sometidos a calentamiento por radiación solar deberán estar térmicamente aislados.
- Realizar la conexión de los depósitos acumuladores en serie.
- Los depósitos acumuladores tendrán una elevada relación altura/diámetro y serán instalados verticalmente.
- Seleccionar materiales que resistan la acción agresiva de los biocidas en las dosis aplicadas y la acción de la temperatura.

4.14.3. Programa de mantenimiento

a) Revisión

Se realizará una vez al año y se comprobará el buen funcionamiento y el estado de limpieza.

b) Agua caliente sanitaria

La revisión del estado de conservación y limpieza de la instalación se realizará trimestralmente en los depósitos acumuladores, y mensualmente en un número representativo de los puntos terminales de la red (grifos y duchas).

Mensualmente se realizará la purga de válvulas de drenaje de las tuberías, y semanalmente la purga del fondo de los acumuladores. Semanalmente se dejará correr unos minutos el agua en instalaciones no utilizadas.

5. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

5.2. FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

FICHA 1: Cálculo de los parámetros característicos medios.

ZONA CLIMÁTICA	D1	Zona de baja carga interna <input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>
----------------	----	--	---

MUROS (UMm) y (UTm)					
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)	Resultados
z	M1, fachada caravista	18.23	0.52	9.4796	ΣA=63.34 ΣA*U=33.5341 U _{Mm} =ΣA*U/ΣA=0.529
	M2, pared salón-garaje	19.91	0.55	10.9505	
E	M2, paredes laterales	60.23	0.57	34.3311	ΣA=60.23 ΣA*U=34.3311 U _{Mm} =ΣA*U/ΣA=0.57
O	M2, paredes laterales	69	0.57	39.33	ΣA=69 ΣA*U=39.33 U _{Mm} =ΣA*U/ΣA=0.57
S	M1, fachada caravista	25.2	0.52	13.104	ΣA=25.2 ΣA*U=13.104 U _{Mm} =ΣA*U/ΣA=0.529

SUELOS (U _{Sm})					
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)	Resultados
Suelo planta baja		49.25	0.5	24.625	ΣA=25.2 ΣA*U=13.104 U _{Sm} =ΣA*U/ΣA=0.529
Suelo planta 1- techo garaje		19.76	0.47	9.2872	

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (U _{Cm} , F _{Lm})					
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)	Resultados
Cubierta tejado		45.32	0.34	15.4088	ΣA=28.02 ΣA*U=23.581 U _{Cm} =ΣA*U/ΣA=0.347
Techo planta 1 con terraza		22.7	0.36	8.172	

HUECOS (U _{Hm} , F _{Hm})							
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)	Resultados		
z	Ventanas planta 1 y 2	9	3.35	30.15	ΣA=11.2 ΣA*U=33.516 U _{Hm} =ΣA*U/ΣA=2.993		
	Puerta entrada	2.2	1.53	3.366			
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	F	A*U(W/K)	A*F(m ²)	Resultados
S	Planta baja	8.4	3.346	0.4973	28.1064	4.17732	ΣA=14.26 ΣA*U=47.744 U _{Hm} =ΣA*U/ΣA=3.348 ΣA*F=7.1805 F _{Hm} =ΣA*F/ΣA=0.504
	Planta primera	3	3.358	0.5326	10.074	1.5977	
	Planta segunda	2.86	3.344	0.4914	9.56384	1.40547	

FICHA 2: CONFORMIDAD- Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA D1	Zona de baja carga interna ■	Zona de alta carga interna □
-----------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	U_{máx(proyecto)}	U_{máx}
Muros de fachada	0.52	<= 0.86
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto	0.5	
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0.57	
Suelos	0.5	<= 0.64
Cubiertas	0.36	<= 0.49
Vidrios de huecos y lucernarios	3.4	<= 3.5
Marcos de huecos y lucernarios	3.2	<= 3.5

MUROS DE FACHADA		
	U_{Mm}	U_{Mlim}
N	0.52	<= 0.66
E	0.57	
O	0.57	
S	0.52	

SUELOS		
U_{Sm}		U_{Slim}
0.49	<=	0.49

HUECOS				
	U_{Hm}	U_{Hlim}	F_{Hm}	F_{Hlim}
N	2.99	<= 3		
S	3.35	<= 3.5	0.5	<= 0.57

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS					
U_{Cm}		U_{Clim}		F_{Lm}	F_{Llim}
0.346	<=	0.38		N/A	<= N/A

FICHA 3: CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TERMICOS								
Tipos	C. Superficiales		Condensaciones intersticiales					
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5
Fachada caravista	f_{Rsi}	0.87	$P_{sat,n}$	982.379	1823.662	2000.238	2150.857	2189.11
	f_{Rmin}	0.62	P_n	771.922	1156.973	1161.251	1221.148	1285.323
Suelo terraza	f_{Rsi}	0.91	$P_{sat,n}$	884.434	890.3953	2123.581	2277.045	2304.782
	f_{Rmin}	0.62	P_n	715.294	736.18	750.1044	1272.269	1285.323
Paredes laterales	f_{Rsi}	0.86	$P_{sat,n}$	936.744	945.6966	1624.759	1745.931	1777.803
	f_{Rmin}	0.62	P_n	702.758	704.2201	1142.788	1230.502	1285.323
Pared salón-garaje	f_{Rsi}	0.86	$P_{sat,n}$	939.935	951.6564	1913.047	2096.953	2145.845
	f_{Rmin}	0.62	P_n	728.341	761.234	1090.16	1123.053	1177.874
Techo garaje	f_{Rsi}	0.88	$P_{sat,n}$	1379.21	1543.166	1573.1	2917.867	2990.218
	f_{Rmin}	0.62	P_n	994.43	1497.695	1511.115	1586.605	1593.651
Cubierta	f_{Rsi}	0.92	$P_{sat,n}$	2195.79	2296.02	2313.7		
	f_{Rmin}	0.62	P_n	997.952	1501.218	1513.799		
Suelo planta baja	f_{Rsi}	0.88	$P_{sat,n}$					
	f_{Rmin}	0.62	P_n					

5.2. POTENCIA NECESARIA

Planta baja

C.1.1. BAÑO 1			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
155.167155	1.89	82.0990238	27.5
C.1.2. PASILLO-RECIBIDOR			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
422.040051	6.24	67.6346236	26.3
C.1.3. SALÓN-COCINA			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
3015.93416	43	70.1380036	26.5

Planta primera

C.2.1. DISTRIBUIDOR-HUECO ESCALERA			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
261.363756	3.5	74.6753587	26.85
C.2.2. BAÑO 2			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
253.435823	4.85	52.2548089	25
C.2.3. DORMITORIO 1			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
1189.4808	22.7	52.4000354	25
C.2.4. DORMITORIO 2			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
769.095926	17.125	44.910711	24.4
C.2.5. DORMITORIO 3			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
737.553637	14.69	50.2078718	24.8

Planta segunda

C.3.1. BAÑO 3			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
251.121166	3.663	68.5561468	26.35
C.3.2. DORMITORIO 4			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
1555.71971	39.15	39.7374127	23.8

La potencia de la caldera será de 24Kw de potencia, superior a la potencia total necesaria.

5.3. COMBUSTIBLE UTILIZADO

El combustible empleado para la caldera será gas natural suministrado por la empresa GAS NAVARRA S.A.

Las propiedades del gas son las siguientes:

Naturaleza	Metano
Familia	Segunda
Toxicidad	Nula
Densidad relativa	0,6
Índice de Wobbe	2900
Grado de humedad	Seco

5.4. SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

Existen diferentes sistemas de calefacción. A continuación se describen algunas soluciones y la solución adoptada.

5.4.1. Calefacción eléctrica

Este tipo de calefacción se basa en el efecto Joule. Dentro de la calefacción eléctrica encontramos diferentes sistemas:

- a- Suelo radiante eléctrico
- b- Acumuladores eléctricos
- c- Bomba de calor (calefacción por aire)

El principal problema de esta solución es que el coste de la electricidad es muy alto, por lo que descartamos su utilización en nuestra instalación.

5.4.2. Calefacción por aire

Este sistema calienta el aire del local haciéndolo pasar a través de una batería o intercambiador, ya sea eléctrica o alimentada por un fluido intermedio como agua.

Este sistema tiene las siguientes ventajas:

- Baja inercia térmica, por lo que el local se calentará rápidamente, aunque también se enfriará rápido cuando el sistema esté desconectado.
- Bajo costo de la instalación y fácil regulación.

El principal problema es la distribución de temperaturas, que se aleja mucho de la ideal.

5.4.3. Calefacción convencional

En este tipo se incluyen todas las instalaciones que utilizan un combustible fósil (gas, gasoil, pellet,...) para calentar el fluido caloportador, normalmente agua, que cederá el calor en los distribuidores.

Dentro de este tipo tenemos la siguiente clasificación según el elemento distribuidor de calor:

5.4.3.1. Radiadores

El emisor de calor son unos radiadores metálicos por los que circula el agua caliente colocados en las paredes del habitáculo.

La temperatura normal de trabajo del fluido caloportador está en torno a los 80°C, con lo que existe riesgo de quemaduras por contacto con el radiador.

5.4.3.2. Suelo radiante (Solución adoptada)

El emisor de calor es el propio suelo de la vivienda. Esto se consigue haciendo circular agua caliente por unos tubos de polietileno especiales instalados bajo el suelo.

Este sistema es muy estético ya que queda oculto bajo el suelo; además, la temperatura normal de trabajo del fluido caloportador está en torno a los 40°C con lo que se evita el riesgo de quemaduras y un ahorro considerable en energía con respecto al sistema de radiadores.

El principal inconveniente es la instalación, ya que si no se instala en una vivienda en construcción hay que adoptar medidas más caras.

En la Imagen 2 se puede comparar la distribución de temperaturas dentro del recinto calefactado entre los distintos sistemas respecto a la distribución óptima para el ser humano. Se aprecia que la distribución de calor por suelo radiante es la que más se ajusta a la teórica.

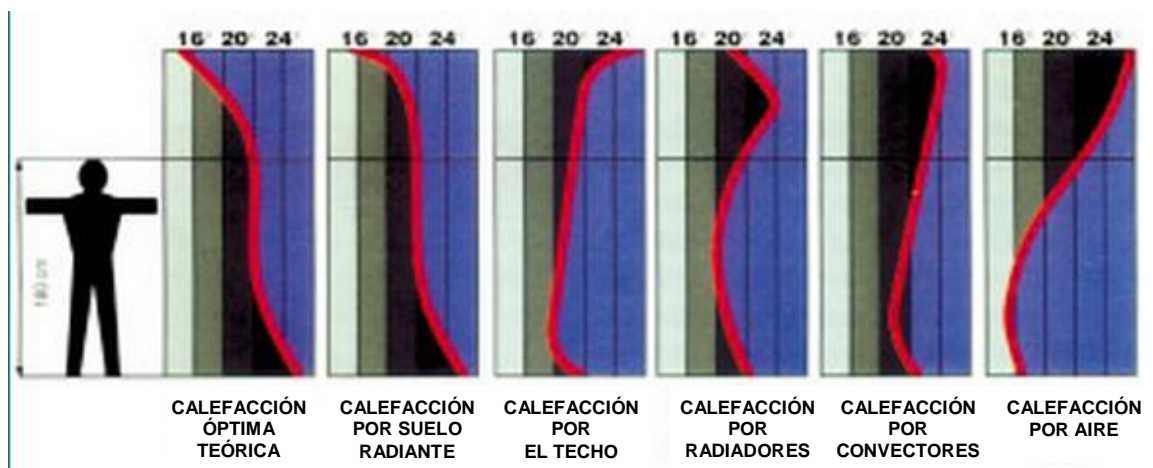


Imagen 2. Distribución ideal de la temperatura
Fuente: RITE.

Elegimos por lo tanto el sistema de suelo radiante por las mayores ventajas que supone.

5.5. DISTRIBUCIÓN DE LAS TUBERIAS

5.5.1. Tubería de distribución principal

Es la que distribuye el agua de ida y retorno de la calefacción entre la caldera y los colectores de cada planta.

La tubería elegida es el modelo Roth PE-Xc EVOH 32x3 y tiene una longitud total de 33 metros.

Transcurre oculta bajo suelo desde la sala de calderas hasta el hueco de bajantes de agua solar térmica situado al lado de las escaleras, sube por dicho hueco y distribuye a cada planta hasta los colectores internado en la pared. Esta distribución se muestra detallada en los planos.

5.5.2. Serpentes

Los serpentes son las tuberías instaladas bajo el suelo encargadas de distribuir el calor de cada habitación.

Existen diferentes formas de colocar los tubos, espiral, serpentín, doble serpentín o una combinación de las anteriores (Imagen 3 y 4).

Nosotros elegimos colocar los serpentes en configuración espiral por su mejor distribución de temperatura (Imagen 5), combinado con distribución en serpentín en los lugares más fríos como ventanas, paredes laterales, etc. De esta forma se consigue una distribución de calor que se ajusta mejor a las necesidades caloríficas de cada habitación.

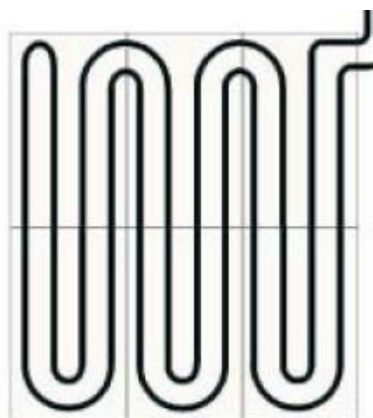


Imagen 3. Configuración doble serpentín

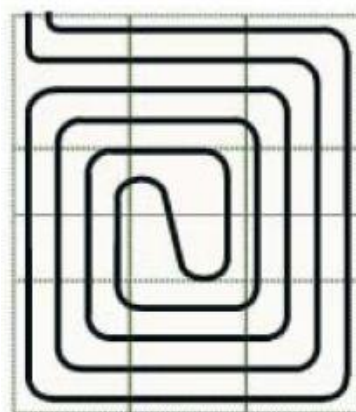


Imagen 4. Configuración espiral

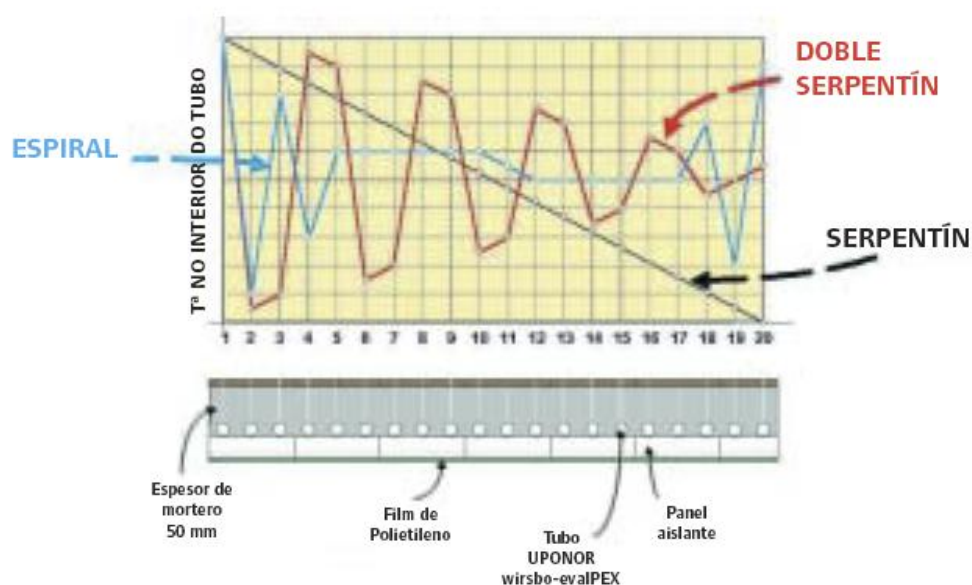


Imagen 5. Distribución de la temperatura en el serpentín

La distribución de los serpentines se muestra detallada en los planos.

La longitud de los serpentines se muestra a continuación:

Planta Baja:

Circuito	Habitación	A (m ²)	e (m)	d (m)	L (m)
c.1.1	Salón-cocina	14.5	0.2	1.38	75.26
c.1.2	Salón-cocina	14.5	0.2	0	72.5
c.1.3	Salón-cocina	14.5	0.2	1.12	74.74
c.1.4	Recibidor - Baño1	7.8	0.2	3.7	46.4

Planta Primera:

Circuito	Habitación	A (m ²)	e (m)	d (m)	L (m)
c.2.1	Dormitorio 1	11.5	0.2	4	65.5
c.2.2	Dormitorio 1	10.58	0.2	4	60.9
c.2.3	Distribuidor - Baño 2	9.5	0.2	2.5	52.5
c.2.4	Dormitorio 2	14.5	0.2	0	72.5
c.2.5	Dormitorio 3	14	0.2	3	76

Planta Segunda:

Circuito	Habitación	A (m ²)	e (m)	d (m)	L (m)
c.3.1	Dormitorio 4	14	0.2	1.75	73.5
c.3.2	Dormitorio 4	14	0.2	0	70
c.3.3	Dormitorio 4 - Baño3	14	0.2	0.5	71

En función de la separación del tubo se calculará el diámetro. Se elige la distancia de 20 mm recomendada por el fabricante.

El tubo que se va a instalar es el de la marca Roth PE-Xc EVOH 16x18 con barrera de oxígeno.

5.6. REGULACIÓN DEL SISTEMA

Para una correcta regulación de la temperatura de confort de la casa se necesita disponer como mínimo los siguientes datos:

- a) Temperatura exterior.
- b) Temperatura impulsión calefacción.
- c) Temperatura de retorno calefacción.
- d) Temperatura interior.

El sensor de temperatura de impulsión de calefacción será el propio de la caldera y el sensor de retorno será del mismo modelo empleado en el circuito de agua caliente sanitaria (*sonda de inversión PT1000*).

La medida de estas temperaturas se realizará con los sensores y dispositivos mencionados en el apartado de cálculos.

La centralita RVA-1 recogerá estos datos y se encargará de actuar sobre los dispositivos de acción; en este caso, bomba recirculadora, caldera, cabezales electrotérmicos, válvula mezcladora de 3 vías, etc.

El funcionamiento del sistema se explica en el apartado de cálculos de calefacción.

6. INSTALACIÓN DE GAS NATURAL

6.1. CARACTERÍSTICAS GAS NATURAL

El combustible empleado para la caldera será gas natural suministrado por la empresa GAS NAVARRA S.A.

Las propiedades del gas son las siguientes:

Naturaleza	Metano
Familia	Segunda
Toxicidad	Nula
Densidad relativa	0,6
Índice de Wobbe	2900
Grado de humedad	Seco

6.2. TALLO DE ACOMETIDA

Unirá la red de suministro con el armario de regulación.

La tubería será de polietileno de media densidad, diámetro interior de 26 mm y exterior de 32 mm, resguardada de la luz solar, de temperaturas elevadas, y protegida mecánicamente mediante vaina de acero y aislada con coquilla.

La unión de la tubería con el armario de regulación se hará con un accesorio de transición especial PE-AC.

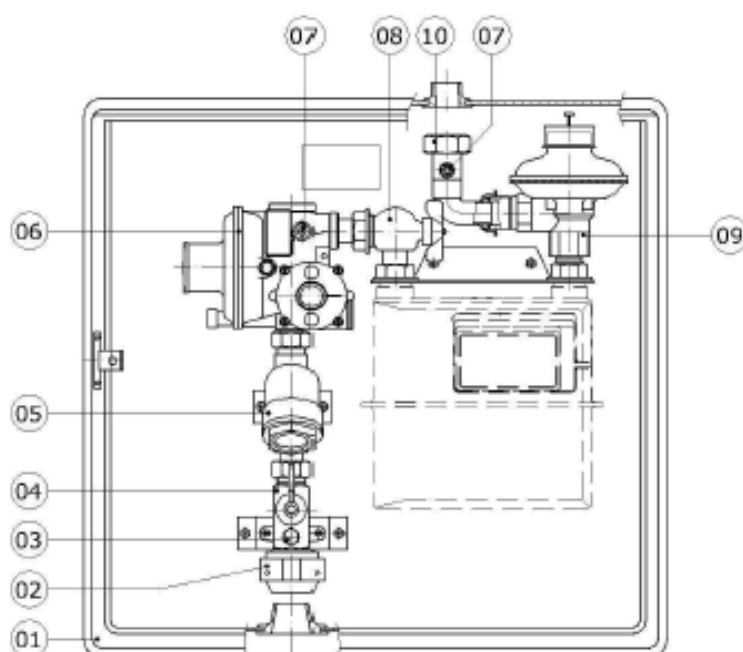
La tubería profundizará 40 cm sobre el nivel del suelo, dejando un saliente hasta la acometida realizada por GAS NAVARRA S.A. de 1 m.

6.3. ARMARIO DE REGULACIÓN

Su función es regular la entrada de gas de la red principal de suministro a la entrada en vivienda.

Se colocará un armario de regulación M.P.B. A6 (Imagen 6) empotrado en muro exterior de la vivienda.

Irà colocado a 0,80 m como mínimo del suelo con respecto a la parte inferior del armario en el porche de entrada detallado en los planos.



- | | |
|----|--|
| 01 | Armario con mirilla 517 alto x 535 ancho x 232 prof. aprox. mm. ext., en poliéster fibra de vidrio, cierre triangular. Sin Contador. |
| 02 | Entrada PE20; L1 soldar CU 15x18; F1 soldar AC ¾"
Entrada PE32; L1 soldar CU 25x28; F1 soldar AC 1" |
| 03 | Toma de presión zona media presión (Peterson) |
| 04 | Llave de entrada PN-5 DN-15 |
| 05 | Filtro PN-8 DN-15 |
| 06 | Regulador FIORENTINI, modelo MS 6
Otras presiones, bajo demanda. |
| 07 | Toma de presión zona baja presión (Débil calibre) |
| 08 | Llave de contador PN-5 DN-20 |
| 09 | Válvula de seguridad por falta de gas (ra), p. actuación $10 \leq p.a. \leq 15$ mbar. |
| 10 | Salida Racor 1" |
| | Manguitos pasatubos de entrada y salida |

Imagen 6. Armario de regulación

6.4. DISTRIBUCIÓN A CALDERA

Es el conjunto de conducciones y accesorios comprendidos entre el armario de regulación y la llave de la caldera.

La presión nominal de trabajo de esta parte de tubería será de 500 mmca y la pérdida de carga de presión admisible no sobrepasará el 5% de la presión mínima garantizada (50 mmca)

Las características de los distintos elementos que intervienen son:

- Tubería de cobre de 19-22 mm y 1,5 mm de espesor. Las uniones se realizarán por soldadura fuerte de plata.
- La alimentación de gas desde el armario de regulación hasta la caldera irá ascendente por el muro exterior hasta llegar a 10 cm del techo, y atravesando el muro exterior de la fachada principal irá por techo y la pared lateral derecha unida por bridas homologadas de forma superficial, siendo la tubería de cobre de 19/22 y espesor 1,5 mm.
- El tramo de tubería que sube por fachada irá envainada con tubería de cobre 26/28 mm.
- Se colocará una llave para corte de gas, justamente en la subida por fachada en el exterior, otra a la entrada del garaje y otra antes de la caldera.
- Las abrazaderas serán metálicas con recubrimiento de poliamida y con separación de 2 m en tramos horizontales y 3 m en tramos verticales.

6.5. LOCALIZACIÓN DE LA CALDERA

La caldera se situará en el garaje en la planta baja. El lugar exacto de colocación se detalla en los planos.

La caldera se situará de tal forma que la parte inferior de la misma quede a 1,5 metros del suelo.

6.6. CALDERA

Con los datos obtenidos en el apartado de cálculos se elige instalar la caldera de la casa Baxiroca, modelo Novanox 24/24 (Imagen 7).

Esta caldera permite calentar la demanda de ACS y de calefacción con una potencia de 24kW.

Su baja emisividad de gas NOx le confiere la categoría de clase 5. El resto de sus características técnicas se especifican en el pliego de condiciones.



Imagen 7. Caldera NOVANOX 24/24

6.7. SALIDA DE HUMOS

Según el nuevo reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), que entró en vigor el 1 de marzo del 2008, en las instalaciones térmicas de edificios existentes que se reformen sólo podrá instalarse calderas estancas individuales con la evacuación a fachada cuando su calificación, en cuanto a emisiones NOx, sea de clase 5 y su potencia inferior a 70 kW.

Anteriormente se ha descrito la caldera a instalar, que cumple con lo expuesto en el párrafo anterior, por lo que la salida de humos se hará por fachada quedando a una altura de 2,75 metros sobre el nivel del suelo. En los planos viene el lugar exacto de colocación.

El tubo de la chimenea es coaxial de aluminio de 80-125 mm de diámetro, compuesto por tubos concéntricos con recubrimiento de epoxi-poliéster, calorifugándose con coquilla de fibra de vidrio y papel de aluminio. Para facilitar la salida de humos esta tubería tendrá una pendiente ascendente del 5%.

7. VALVULERÍA

7.1. VÁLVULA DE CORTE

Es un elemento de accionamiento manual utilizado para el corte del circuito hidráulico (Imagen 8).

Normalmente se colocan a cada lado de un elemento hidráulico para poder cambiarlo sin perder el agua del circuito.



Imagen 8. Válvula de corte

7.2. VÁLVULA ANTIRRETORNO

Es un elemento hidráulico encargado de mantener el fluido circulando en el sentido establecido evitando todo cambio en el sentido de circulación por cualquier causa (Imagen 9).



Imagen 9. Válvula antirretorno

7.3. VÁLVULA DE SEGURIDAD

Es un elemento de seguridad encargado de mantener la presión del circuito al que protegen por debajo del valor establecido (Imagen 10).

Si en el circuito se alcanza la presión de tarado de la válvula, ésta se activará expulsando fluido al exterior evitando que la presión aumente protegiendo al circuito de sobrepresiones.

La presión de tarado de la válvula será la máxima soportable por el vaso de expansión.



Imagen 10. Válvula de seguridad

7.4. PURGADORES AUTOMÁTICOS

Son los elementos encargados de expulsar el aire o vapor de agua formado en el circuito para evitar oxidaciones y un correcto funcionamiento del sistema (Imagen 11).



Imagen 11. Purgador automático solar

7.5. VÁLVULA DOS VÍAS TODO-NADA

Al igual que las válvulas de corte de bola sirven para cortar la circulación del fluido, sólo que en este caso el accionamiento es automático gobernado por una centralita.

7.6. VÁLVULA MEZCLADORA 3 VÍAS

Elemento hidráulico que mezcla el fluido a dos temperaturas diferentes para dar como resultado la temperatura deseada intermedia entre el valor de las otras dos (Imagen 12).

El caudal de cada temperatura es regulado por un servomotor para así poder controlar el valor de la temperatura resultante.



Imagen 12. Válvula de 3 vías mezcladora con servomotor y racores de unión

8. PRESUPUESTO

8.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE MATERIALES: 15.557,37 €

Materiales instalación ACS solar:	5.150,20 €
Materiales instalación Suelo radiante:	8.535,86 €
Materiales instalación de Gas:	1.871,31 €

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN DE LA OBRA: 19.757,86 euros

Beneficio industrial (6%):	933,44 €
Gastos generales (3%):	466,72 €
I.V.A. (18%):	2.800,33 €

El presupuesto total de ejecución asciende a DIECINUEVE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE CON OCHENTA Y SEIS CENTIMOS DE EURO.

ÍNDICE

A. CALCULO AGUA CALIENTE SANITARIA	1
A.1. CALCULO DEL AGUA DIARIA CONSUMIDA A 45 °C	1
A.2. CONSUMO ENERGETICO MES A MES	2
A.3. ENERGIA INCIDENTE SOBRE LA SUPERFICIE DEL CAPTADOR	3
A.4. INTENSIDAD INCIDENTE SOBRE LA SUPERFICIE DEL CAPTADOR	4
A.5. RENDIMIENTO DEL CAPTADOR SOLAR	5
A.6. APORTACION SOLAR MEDIA CORREGIDA POR m² DE CAPTADOR	6
A.7. SUPERFICIE CAPTADORA Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN	7
A.8. CÁLCULO PARÁMETRO Y	8
A.9. CÁLCULO PARÁMETRO X	11
A.10. CÁLCULO GRÁFICAS <i>f-Chart</i>	14
A.11. PERDIDAS POR ORIENTACION Y POR SOMBRAS	19
A.12. FLUIDO CALOPORTADOR	20
A.13. DIÁMETRO DE TUBERÍA Y AISLA NTE	21
A.14. PERDIDAS DE CARGA Y BOMBA DE IMPULSIÓN	24
A.15. VASO DE EXPANSIÓN	31
A.16. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN	33
A.17. MONTAJE COLECTORES SOLARES	34
B. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN	35
C. ESTRATEGIA DE REGULACIÓN Y CONTROL	36
C.1. ELEMENTOS DE CONTROL	37
C.1.1. Centralita de control	37
C.1.2. Sondas de inmersión	37

C.1.3 Válvula mezcladora 3 vías	38
C.1.4 Válvula 2 vías todo-nada	38
D. SEGURIDAD	39
D.1. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO CONTRA CONGELAMIENTO	39
D.2. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO – ACUMULADOR CONTRA SOBRECALENTAMIENTO	39
D.3. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO DE CONSUMO	39
E. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA DEMANDA	40
E.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	40
E.1.1. Fachada recubrimiento caravista	41
E.1.2. Suelo terraza	42
E.2. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO	42
E.2.1. Suelo planta baja	44
E.3. PARTICIONES INTERIORES EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES	45
E.3.1. Paredes laterales en contacto con casas vecinas	46
E.3.2. Pared contacto con el garaje	47
E.3.3. Techo del garaje contacto primera planta	48
E.3.4. Cubierta	48
E.4. HUECOS Y LUCERNARIOS	49
E.4.1. Ventanas y puertas acristaladas	49
E.4.2. Puertas opacas	50
E.5. FACTOR SOLAR MODIFICADO DE HUECOS Y VENTANAS	51
E.6. COMPARACIÓN DATOS CARACTERÍSTICOS MEDIOS CON VALORES LÍMITE	52

E.7. CONDENSACIONES	53
E.7.1. Condensaciones superficiales	53
E.7.2. Condensaciones intersticiales	54
E.8. DEMANDA ENERGÉTICA	63
E.8.1. Condiciones de proyecto	63
E.8.2. Cálculo de la carga térmica del edificio	65
<i>E.8.2.A. Cálculo de las pérdidas por plantas y habitaciones</i>	<i>66</i>
E.9. TEMPERATURA MÁXIMA DEL SUELO	68
E.10. TEMPERATURA DEL AGUA DE IMPULSIÓN	70
E.11. POSICIÓN COLECTORES Y DISEÑO DE LOS CIRCUITOS	72
E.12. CAUDAL DE AGUA NECESARIO Y PÉRDIDA CARGA EN SERPENTINES	75
E.13. CÁLCULO TUBERÍA DISTRIBUCIÓN Y PÉRDIDA DE CARGA	78
E.14. PÉRDIDA DE CARGA DEL CIRCUITO Y BOMBA DE IMPULSIÓN	80
E.15. COMPENSACIÓN HIDRÁULICA SERPENTINES	85
E.16. VASO EXPANSIÓN	86
E.17. CALDERA E INSTALACIÓN DE GAS	88
E.18. FUNCIONAMIENTO Y CONTROL	89
E.18.1. Elementos de control	89
<i>E.18.1.A. Centralita reguladora</i>	<i>89</i>
<i>E.18.1.B. Válvula mezcladora de 3 vías</i>	<i>90</i>
<i>E.18.1.C. Termostato ambiente.</i>	<i>91</i>
<i>E.18.1.D. Actuador/Cabezal Electrotérmico</i>	<i>92</i>
<i>E.18.1.E. Sonda temperatura exterior</i>	<i>92</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda ACS a 60°C	1
Tabla 2. Número mínimo de personas por vivienda de uso residencial	1
Tabla 3. Cálculo demanda ACS mensual a la temperatura elegida para el acumulador según ecuación 1	2
Tabla 4. Cálculo demanda energética mensual (Qa) para el calentamiento de ACS según ecuación 2	3
Tabla 5. Energía en MJ que incide sobre un m ² en una superficie horizontal en un día medio de cada mes en (MJ/ m ² día)	3
Tabla 6. Factor de corrección k para superficies inclinadas	4
Tabla 7. Cálculo energía incidente (MJ/m ² día) sobre un metro cuadrado de superficie inclinada 30° y 50° por día aplicando ecuación 3	4
Tabla 8. Número medio de horas diarias útiles de sol para cada mes	4
Tabla 9. Cálculo intensidad incidente (W/m ²) en superficie inclinada 30° y 50° para cada mes aplicando ecuación 4	4
Tabla 10. Temperatura media del ambiente en °C	5
Tabla 11. Calculo rendimientos colectores F4 y F3 inclinados 30° utilizando ecuación 5	5
Tabla 12. Calculo rendimientos colectores F4 y F3 inclinados 50° utilizando ecuación 5	5
Tabla 13. Calculo de energía absorbida al mes por metro cuadrado por los captadores F4 y F3 inclinados 30° aplicando ecuación 6	6
Tabla 14. Cálculo de energía absorbida al mes por metro cuadrado por los captadores F4 y F3 inclinados 50° aplicando ecuación 6	7
Tabla 15. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F4-H218 inclinado 30° aplicando ecuación 9	9
Tabla 16. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F4-H218 inclinado 50° aplicando ecuación 9	9
Tabla 17. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F3-H252 inclinado 30° aplicando ecuación 9	10

Tabla 18. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F3-H252 inclinado 50° aplicando ecuación 9	10
Tabla 19. Cálculo del factor X mes a mes para colector F4-H218 inclinado 30° aplicando ecuación 10	12
Tabla 20. Cálculo del factor X mes a mes para colector F4-H218 inclinado 50° aplicando ecuación 10	12
Tabla 21. Cálculo del factor X mes a mes para colector F3-H252 inclinado 30° aplicando ecuación 10	13
Tabla 22. Cálculo del factor X mes a mes para colector F3-H252 inclinado 50° aplicando ecuación 10	13
Tabla 23. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F4-H218 inclinados 30°, aplicando método f-chart, ecuación 11	15
Tabla 24. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F4-H218 inclinados 50°, aplicando método f-chart, ecuación 11	16
Tabla 25. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F3-H252 inclinados 30°, aplicando método f-chart, ecuación 11	17
Tabla 26. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F3-H252 inclinados 50°, aplicando método f-chart, ecuación 11	18
Tabla 27. Cálculo de la velocidad del fluido y de las pérdidas según el diámetro de tubería circuito primario	23
Tabla 28. Cálculo de la velocidad del fluido y de las pérdidas según el diámetro de tubería circuito primario	23
Tabla 29. Espesor aislamiento	24

ÍNDICE DE FIGURAS E IMÁGENES

Figura 1. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F4-H218 inclinados 30° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.	15
Figura 2. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F4-H218 inclinados 50° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.	16
Figura 3. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F3-H252 inclinados 30° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.	17
Figura 4. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F3-H252 inclinados 50° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.	18
Figura 5. Perdidas de energía solar en función de los grados de inclinación y ángulo de acimut.	19
Imagen 1. Cubierta vivienda proyecto	19
Imagen 2. Programa cálculo bomba de ACS de la casa Grundfos	26
Imagen 3. Programa cálculo bomba de ACS de la casa Grundfos	27
Imagen 4. Programa cálculo bomba de ACS de la casa Grundfos	27
Imagen 5. Curva característica de la bomba UPS solar 25-120 180	29
Imagen 6. Bomba UPS solar 25	30
Imagen 7. Vaso expansión Ibaiondo 5 SMF	32
Imagen 8. Depósito de acumulación DUO 1HLA	33
Imagen 9. Esquema instalación ACS	35
Imagen 10. Controlador BW/H	37
Imagen 11. Sonda inmersión PT1000	38
Imagen 12. Válvula mezcladora BM	38
Imagen 13. Válvula motorizada todo-nada	38
Imagen 14. Centralita de regulación digital RVA-1	90
Imagen 15. Válvula mezcladora 3 vías con servomotor	91

Imagen 16. Termostato ambiente digital	91
Imagen 17. Actuador M30 NC24V	92
Imagen 18. Sonda exterior Rothacliima Plus	92

A. CALCULO AGUA CALIENTE SANITARIA

A.1. CALCULO DEL AGUA DIARIA CONSUMIDA A 45 °C

Para obtener el consumo de agua caliente en una casa se utilizan datos estadísticos de consumo de agua medio por persona y día, dependiendo del tipo de edificio y del número de habitaciones, que vienen estipulados en la tabla 1 para una temperatura de 60°C.

Tabla 1. Demanda ACS a 60°C (Fuente: Código Técnico Edificación-Documento Básico Ahorro Energético CTE-HE)

Criterio de demanda	Demanda de referencia a 60°C (1)	
	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

(1) Los litros de ACS/día a 60°C de la tabla se han calculado a partir de la tabla 1 (Consumo unitario diario medio) de la norma UNE 94002:2005 "Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria: cálculo de la demanda energética".

Para el cálculo se ha utilizado la ecuación (3.2) con los valores de $T_1 = 12^\circ\text{C}$ (constante) y $T = 45^\circ\text{C}$.

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, el número de personas deberá calcularse utilizando los valores de la tabla 2. En nuestro caso la vivienda es de 5 personas con 4 dormitorios, por lo que el número de personas para el cálculo será de 6 personas.

Tabla 2. Número mínimo de personas por vivienda de uso residencial (Fuente: Código Técnico Edificación Documento Básico Ahorro Energético CTE-HE)

En el uso residencial vivienda el cálculo del número de personas por vivienda deberá hacerse utilizando como valores mínimos los que se relacionan a continuación:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

$$\text{Consumo Total} = 30 \text{ l/día} \times 6 \text{ personas} = 180 \text{ l/día (a } 60^\circ\text{C)}$$

Nuestra temperatura de acumulación de agua es de 45 °C, por lo que se corrige el número de litros de agua que se pueden calentar a 45 °C con la misma energía para calentar los 180 l a 60 °C, según la ecuación 1:

$$\dot{m}_i [45^\circ\text{C}] = \dot{m}_i [60^\circ\text{C}] * (60 - T_{ri}) / (T - T_{ri}) \text{ [l/día]}$$

donde:

$\dot{m}_i [45^\circ\text{C}]$: demanda de agua caliente sanitaria (ACS) para el mes i a la temperatura de 45°C en l/día

$\dot{m}_i [60^\circ\text{C}]$: demanda de agua caliente sanitaria (ACS) para el mes i a la temperatura de 60°C en l/día, en nuestro caso 180 l/día.

T : temperatura elegida para el acumulador, en nuestro caso 45°C.

T_{ri} : temperatura media del agua fría en el mes i, en grados Celsius.

Tabla 3. Cálculo demanda ACS mensual a la temperatura elegida para el acumulador según ecuación 1.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
T_{ri} (°C)	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
$\dot{m}_i [45^\circ\text{C}]$ (l/día)	248	249	253	257	259	262	264	262	259	257	253	248

A.2. CONSUMO ENERGETICO MES A MES

La carga mensual de calentamiento de agua caliente sanitaria puede valorarse según la ecuación 2 como:

$$Q_a = C_e \cdot \dot{m} \cdot (t_{ac} - t_r) \cdot n \cdot \rho$$

donde:

Q_a : Carga o demanda calorífica mensual (J/mes)

\dot{m} : Caudal de agua diaria consumida a la temperatura de acumulación (l/día)

C_e : Calor específico del agua (4187 J/Kg °C)

t_{ac} : Temperatura de acumulación del ACS en °C (45°C)

t_r : Temperatura del agua de red en °C

n : Número de días del mes considerado

ρ : Densidad del agua (1 Kg/l)

Tabla 4. Cálculo demanda energética mensual (Qa) para el calentamiento de ACS según ecuación 2.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun.	Jul.	Ago	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Año
Temperatura agua red (°C)	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5	
Caudal consumo a 45°C (l/día)	248	249	253	257	259	262	264	262	259	257	253	248	
Temperatura acumulación (°C)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
Calor específico (J/kg K)	4187	4187	4187	4187	4187	4187	4187	4187	4187	4187	4187	4187	
Densidad agua (kg/l)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Qa - Demanda (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288	13955.8

A.3. ENERGIA INCIDENTE SOBRE LA SUPERFICIE DEL CAPTADOR

La energía media diaria incidente sobre superficie inclinada se calcula según la ecuación 3:

$$E = 0,94 \cdot k \cdot H \text{ (MJ/m}^2\text{día)}$$

donde:

k : factor de inclinación y corrector por latitud del lugar

H : energía media diaria incidente sobre superficie horizontal por metro cuadrado (MJ/m²día)

La latitud de Tudela es 42° norte.

Utilizaremos dos posibles inclinaciones, una es la inclinación propia de la cubierta (30°) y la otra es la inclinación más beneficiosa durante invierno (50°).

Factor H para Navarra:

Tabla 5. Energía en MJ que incide sobre un m² en una superficie horizontal en un día medio de cada mes en (MJ/ m² día). Fuente: Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, establecido por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
Navarra	5	7.4	12.3	14.5	17.1	18.9	21	18.2	16.2	10.2	6	4.5	12.6

Factor k para 30 y 50 grados de inclinación:

Tabla 6. Factor de corrección k para superficies inclinadas. Fuente: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía)

LATITUD 42°												
Inclinación (°)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
30	1.36	1.28	1.19	1.09	1.02	1	1.02	1.1	1.23	1.37	1.46	1.44
50	1.44	1.31	1.16	1	0.89	0.9	0.9	1	1.21	1.44	1.59	1.56

Entrando con los valores de las tablas anteriores y aplicando la ecuación 3 obtenemos la energía incidente por metro cuadrado y día para cada mes e inclinación en MJ/m² día.

Tabla 7. Cálculo energía incidente (MJ/m² día) sobre un metro cuadrado de superficie inclinada 30° y 50° por día aplicando ecuación 3.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Energía incidente 30° (MJ/m ² día)	6.39	8.9	13.8	14.9	16.4	18	19.7	19	18.7	13.1	8.23	6.09
Energía incidente 50° (MJ/m ² día)	6.77	9.11	13.4	13.6	14.3	15	17.3	17	18.4	13.8	8.97	6.6

A.4. INTENSIDAD INCIDENTE SOBRE LA SUPERFICIE DEL CAPTADOR

La intensidad incidente por metro cuadrado es el resultado de dividir la energía incidente por metro cuadrado entre el número medio de horas de sol incidente en segundos, expresado en la ecuación 4:

$$\text{Intensidad Inc. (W/m}^2\text{)} = \text{Energía inc. (MJ/m}^2\text{ día)} * 10^6 / \text{Horas sol útiles} * 3600 \text{ (s/día)}$$

El número medio de horas diarias útiles de sol se presenta de forma aproximada en la siguiente tabla para una latitud norte comprendida entre 25 y 45°. En el caso de Tudela es de 42°.

Tabla 8. Número medio de horas diarias útiles de sol para cada mes. Fuente: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía)

Latitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
De 25° a 45° norte	8	9	9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9	9	8	7.5

La intensidad incidente por metro cuadrado en (W/m²) para cada mes será:

Tabla 9. Cálculo intensidad incidente (W/m²) en superficie inclinada 30° y 50° para cada mes aplicando ecuación 4.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Intensidad incidente 30° (W/m ²)	222	275	425	436	479	520	575	550	578	406	286	226
Intensidad incidente 50° (W/m ²)	235	281	414	399	418	447	507	510	569	426	311	244

A.5. RENDIMIENTO DEL CAPTADOR SOLAR

Se elegirá la casa Roth por ser de Tudela. Dentro de los colectores solares planos que ofertan se estudiará el rendimiento de dos de ellos para elegir el más conveniente para nuestro proyecto. La elección de uno u otro dependerá principalmente del porcentaje de cobertura en el consumo de ACS y del precio.

Los dos colectores planos a estudiar son:

Modelo F4-Heliostar 218 ($k_1 = 3,67 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; $\eta_0 = 0,792$)

Modelo F3-Heliostar 252 ($k_1 = 3,56 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; $\eta_0 = 0,779$)

El rendimiento mensual se calcula con la siguiente fórmula y los datos anteriores facilitados por el fabricante. La ecuación 5 es:

$$\eta = \eta_0 - k_1 (T_m - T_a) / I$$

siendo:

k_1 : coeficiente global de pérdida del colector.

I : Intensidad incidente en (W/m^2)

η_0 : Rendimiento máximo del colector

T_m : Temperatura media del fluido caloportador, se suele tomar 45°C .

T_a : Temperatura ambiente media del mes en Navarra en $^\circ\text{C}$, valores tabla 10.

Tabla 10. Temperatura media del ambiente en $^\circ\text{C}$. Fuente: IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
Navarra	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8	14.3

Rendimientos para una inclinación de 30° :

Tabla 11. Calculo rendimientos colectores F4 y F3 inclinados 30° utilizando ecuación 5.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
η (%) F4-H218	16.34	28.45	49.82	52.24	57	61.54	64.52	64.53	63.33	52.05	34.25	19	46.92
η (%) F3-H252	16.93	28.67	49.4	51.75	56.36	60.77	63.66	63.668	62.5	51.57	34.3	19.5	46.59

Rendimientos para una inclinación de 50° :

Tabla 12. Calculo rendimientos colectores F4 y F3 inclinados 50° utilizando ecuación 5.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
η (%) F4-H218	19.86	29.61	49.06	49.73	53.76	58.66	62.55	63.376	63.07	53.36	37.95	23.64	47.05
η (%) F3-H252	20.33	29.8	48.66	49.32	53.22	57.98	61.75	62.55	62.25	52.84	37.88	24	50.36

A.6. APORTACION SOLAR MEDIA CORREGIDA POR m² DE CAPTADOR

Sabiendo el rendimiento de cada colector en función de la inclinación pasamos a calcular la energía captada por metro cuadrado de colector en cada mes aplicando la ecuación 6:

$$E = E_{\text{corregida}} * \eta * \text{días del mes}$$

siendo

$E_{\text{corregida}}$: Energía incidente * factor corrección
 Factor corrección: Varía entre 0,8 y 0,9 dependiendo de si los datos son fiables o no, en nuestro caso elegimos 0,9 ya que utilizamos los datos medios de Navarra y Tudela es una zona favorable respecto a la media de Navarra.

En las siguientes tablas se calcula la energía absorbida al mes en un metro cuadrado por cada colector en función de la inclinación.

Para una inclinación de 30°:

Tabla 13. Calculo de energía absorbida al mes por metro cuadrado por los captadores F4 y F3 inclinados 30° aplicando ecuación 6.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
Energía inc (MJ/m ² día)	6.39	8.9	13.8	14.9	16.4	17.8	19.7	18.82	18.7	13.1	8.23	6.09	13.57
Factor corrector	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
η (%) F4-H218	16.34	28.45	49.82	52.2	57	61.5	64.5	64.53	63.3	52.1	34.3	19	46.92
η (%) F3-H252	16.93	28.67	49.4	51.8	56.4	60.8	63.7	63.67	62.5	51.6	34.3	19.5	46.59
E_{total} F4 (MJ/m²)	29.13	63.81	191.8	210	261	296	354	338.8	320	190	76.1	32.3	2363
E_{total} F3 (MJ/m²)	30.18	64.31	190.2	208	258	292	349	334.3	316	188	76.2	33.1	2340

Para una inclinación de 50°:

Tabla 14. Cálculo de energía absorbida al mes por metro cuadrado por los captadores F4 y F3 inclinados 50° aplicando ecuación 6.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
Energía inc (MJ/m ² día)	6.39	8.9	13.8	14.9	16.4	17.8	19.7	18.82	18.7	13.1	8.23	6.09	13.57
Factor corrector	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
η (%) F4-H218	19.86	29.61	49.06	49.7	53.8	58.7	62.6	63.38	63.1	53.4	37.9	23.6	47.05
η (%) F3-H252	20.33	29.8	48.66	49.3	53.2	58	61.8	62.55	62.3	52.8	37.9	24	50.36
E_{total} F4 (MJ/m²)	35.4	66.42	188.9	200	246	282	343	332.8	319	195	84.3	40.2	2333
E_{total} F3 (MJ/m²)	36.25	66.83	187.3	198	244	279	339	328.4	315	193	84.2	40.8	2311

A.7. SUPERFICIE CAPTADORA Y VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

La superficie útil necesaria será el resultado de dividir la energía demandada al año por el usuario de ACS entre la aportación solar por metro cuadrado al año del colector, ecuación 7:

$$S_{\text{útil necesaria}} = \text{Demanda energética anual} / \text{Total aportación solar}$$

El número de colectores a instalar será, ecuación 8:

$$N^{\circ} \text{ colectores} = S_{\text{útil necesaria}} / S_{\text{útil 1 colector}}$$

La demanda energética anual de ACS es 13956 MJ, valor que sólo depende del consumo humano por lo que será el mismo independientemente del colector e inclinación. El aporte solar anual dependerá del modelo de colector y de su inclinación.

A continuación utilizando las ecuaciones anteriores se calcula la superficie útil necesaria de cada colector y el número de colectores:

Modelo F4 (S_{útil} = 1,95 m²):

$$\begin{aligned} \text{Inclinado } 30^{\circ} &\longrightarrow S_{\text{útil nec}} = 13956 / 2363 = 5,91 \text{ m}^2 \longrightarrow N^{\circ} \text{ colectores} = 5,91 / 1,95 = 3,02 \\ \text{Inclinado } 50^{\circ} &\longrightarrow S_{\text{útil nec}} = 13956 / 2333 = 5,98 \text{ m}^2 \longrightarrow N^{\circ} \text{ colectores} = 5,98 / 1,95 = 3,07 \end{aligned}$$

Modelo F3 (S_{útil} = 2,27 m²):

$$\begin{aligned} \text{Inclinado } 30^{\circ} &\longrightarrow S_{\text{útil nec}} = 13956 / 2340 = 5,96 \text{ m}^2 \longrightarrow N^{\circ} \text{ colectores} = 5,96 / 2,27 = 2,63 \\ \text{Inclinado } 50^{\circ} &\longrightarrow S_{\text{útil nec}} = 13956 / 2311 = 6,04 \text{ m}^2 \longrightarrow N^{\circ} \text{ colectores} = 6,04 / 2,27 = 2,66 \end{aligned}$$

En cualquier caso se instalará 3 colectores.

El CTE recomienda un volumen total de acumulación del orden de 70 litros por m² instalado, por lo tanto:

$$V_{\text{acumulación (l)}} = 70 \cdot S_{\text{instalada (m}^2\text{)}}$$

Poniendo los colectores F4 el volumen será de $70 \times 3 \times 1,95 = 410$ litros y si ponemos colectores F3 el volumen será de $70 \times 3 \times 2,27 = 480$ litros; por lo tanto, se elegirá un acumulador cuyo volumen de acumulación esté cercano a estos valores.

A.8. CÁLCULO PARÁMETRO Y

El parámetro Y expresa, mes a mes, la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes.

Este dato se aplica luego en la ecuación f-chart que nos dará como resultado la fracción de cobertura solar (f). Para que el valor de cobertura sea fiable el parámetro Y debe estar comprendido entre 0 y 3. Ecuación 9:

$$Y = \text{Energía absorbida por el captador (E}_a\text{)} / \text{Carga calorífica mensual (Q}_a\text{)}$$

$$E_a = F_R (\tau\alpha)_n \times (F'_R/F_R) \times [(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n] \times E \times n \times S$$

donde:

- $F_R (\tau\alpha)_n$:** Ordenada en el origen de la curva característica del captador.
- S:** Superficie captadora a instalar (m²).
- E:** Radiación media diaria recibida por el captador, por unidad de superficie (MJ/m² día).
- n:** Número de días del mes considerado.
- Q_a:** Carga calorífica mensual (MJ/mes).
- $[(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n]$:** Variación de la absorbancia y transmitancia con el ángulo de incidencia. Se suele tomar 0,96 para cubierta captador simple y 0,94 para cubierta doble.
- (F'_R/F_R) :** Coeficiente corrector producido por el intercambio de calor en el sistema acumulador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

$$(F'_R/F_R) = [1 + (F_R \cdot U_L / C) \cdot ((S \cdot C / \epsilon_c \cdot C_{\min}) - 1)]^{-1}$$

- C:** Ritmo de la capacidad calorífica en el circuito primario por unidad de superficie de colector (W/m² °C).
- $C = C_{e1} \cdot C_1$:** donde C_{e1} es el calor específico del fluido del circuito primario (en J/kg K) y C_1 es el caudal del circulito primario (en kg / m²s).
- C_{\min} :** Ritmo de la capacidad calorífica mínima entre los dos circuitos del intercambiador (W/°C). Generalmente $C_{\min} = C \cdot S$
- ϵ_c :** Eficiencia del intercambiador (%).
- $F_R \cdot U_L$:** Pendiente de la curva característica del captador (W/m² K).

A continuación se van a calcular los parámetros Y de los colectores F3H-252 y F4H-218 inclinados 30 y 50 grados aplicando la ecuación 9.

F4 inclinado 30°:

Tabla 15. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F4-H218 inclinado 30° aplicando ecuación 9.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
DEMANDA Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
$F_R (\tau\alpha)_n$	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n$	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Energía incidente (MJ/m ² día)	6.39	8.9	13.8	14.9	16.4	17.8	19.7	18.8	18.7	13.1	8.23	6.09
Superficie instalada captadores	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85
Y	0.65	0.93	1.48	1.67	1.88	2.07	2.35	2.2	2.15	1.47	0.89	0.62

F4 inclinado 50°:

Tabla 16. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F4-H218 inclinado 50° aplicando ecuación 9.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Demanda energética (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
$F_R (\tau\alpha)_n$	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n$	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Energía incidente (MJ/m ² día)	6.77	9.11	13.4	13.6	14.3	15.3	17.3	17.5	18.4	13.8	8.97	6.6
Superficie instalada captadores	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85
Y	0.69	0.95	1.45	1.53	1.64	1.78	2.07	2.04	2.11	1.55	0.97	0.67

F3-H252 inclinado 30°:

Tabla 17. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F3-H252 inclinado 30° aplicando ecuación 9.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Qa Demanda energética (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
$F_R (\tau\alpha)_n$	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n$	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Energía incidente (MJ/m ² día)	6.39	8.9	13.8	14.9	16.4	17.8	19.7	18.8	18.7	13.1	8.23	6.09
Superficie instalada captadores	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81
Y	0.74	1.06	1.7	1.91	2.15	2.37	2.69	2.52	2.46	1.69	1.02	0.71

F3-H252 inclinado 50°:

Tabla 18. Cálculo del factor Y mes a mes para colector F3-H252 inclinado 50° aplicando ecuación 9.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Qa Demanda energética (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
$F_R (\tau\alpha)_n$	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
$(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n$	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
Energía incidente (MJ/m ² día)	6.77	9.11	13.4	13.6	14.3	15.3	17.3	17.5	18.4	13.8	8.97	6.6
Superficie instalada captadores	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81
Y	0.79	1.08	1.66	1.75	1.88	2.04	2.37	2.33	2.42	1.77	1.11	0.77

Se observa que el parámetro Y esta comprendido entre los valores 0 y 3 en todas las tablas, siendo más pequeño en los meses de invierno como era de esperar.

A.9. CÁLCULO PARÁMETRO X

El parámetro X expresa, para cada mes, la relación entre las pérdidas de energía en el captador para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes.

Al igual que el parámetro Y el valor X se utilizará en la ecuación f-chart para obtener la cobertura energética solar de la instalación (f) y para que los datos obtenidos sean fiables X debe estar comprendido entre 0 y 18.

La ecuación 10 que representa el valor X matemáticamente se expresa:

X = Energía perdida por el captador / Carga calorífica mensual

$$X = F_R \cdot U_L \times (F'_R/F_R) \times (t_{ref} - t_a) \times \Delta tiempo \times S \times K_1 \times K_2 / Q_a$$

donde:

S: superficie captadora a instalar

($t_{ref} - t_a$): Diferencia entre una temperatura de referencia fijada en 100 °C y la temperatura ambiente.

$\Delta tiempo$: Número de segundos total del mes considerado

K_1 : Factor de corrección por el almacenamiento en el acumulador.

$$K_1 = [V / (75 \times S)]^{-0,25}$$

V: Volumen total de acumulación en litros.

K_2 : Factor de corrección para temperaturas.

$$K_2 : (11,6 + 1,18 t_{ac} + 3,86 t_r - 2,32 t_a) / (100 - t_a)$$

t_r : temperatura agua fría de red.

t_{ac} : Temperatura media de acumulación del ACS en grados Celsius (45 °C).

$F_R \cdot U_L$: Pendiente de la curva característica del captador (W/m² K) (3,67).

A continuación se va a calcular el parámetro X de los colectores F3H-252 y F4H-218 inclinados 30 y 50 grados aplicando la ecuación 10:

F4-H218 inclinado 30°:

Tabla 19. Cálculo del factor X mes a mes para colector F4-H218 inclinado 30° aplicando ecuación 10.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$F_R \cdot U_L$ (W/m ² K)	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
T ^a referencia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T ^a ambiente	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8
T ^a agua red (°C)	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
S.colector (m ²)	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85
Δ tiempo (Ks)	893	907	1004	1026	1060	1026	1060	1060	972	1004	864	837
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
K1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
K2	4.67	4.67	4.78	4.83	4.92	5.05	5.12	5.16	5.05	4.89	4.75	4.7
X	6.25	7.18	7.29	7.92	7.96	7.92	8.02	7.79	7.37	7.42	6.52	5.83

F4-H218 inclinado 50°:

Tabla 20. Cálculo del factor X mes a mes para colector F4-H218 inclinado 50° aplicando ecuación 10.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$F_R \cdot U_L$ (W/m ² K)	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67	3.67
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
T ^a referencia	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T ^a ambiente	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8
T ^a agua red (°C)	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
S.colector (m ²)	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85
Δ tiempo (Ks)	893	907	1004	1026	1060	1026	1060	1060	972	1004	864	837
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
K1	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
K2	4.67	4.67	4.78	4.83	4.92	5.05	5.12	5.16	5.05	4.89	4.75	4.7
X	6.25	7.18	7.29	7.92	7.96	7.92	8.02	7.79	7.37	7.42	6.52	5.83

F3-H252 inclinado 30°:

Tabla 21. Cálculo del factor X mes a mes para colector F3-H252 inclinado 30° aplicando ecuación 10.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$F_R \cdot U_L$ (W/m ² K)	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
T ^a _{referencia}	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T ^a _{ambiente}	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8
T ^a _{agua red} (°C)	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
S. colector (m ²)	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81
Δ tiempo (Ks)	893	907	1004	1026	1060	1026	1060	1060	972	1004	864	837
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
K1	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
K2	4.67	4.67	4.78	4.83	4.92	5.05	5.12	5.16	5.05	4.89	4.75	4.7
X	7.33	8.42	8.55	9.29	9.33	9.29	9.4	9.13	8.64	8.71	7.64	6.84

F3- H252 inclinado 50°:

Tabla 22. Cálculo del factor X mes a mes para colector F3-H252 inclinado 50° aplicando ecuación 10.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
$F_R \cdot U_L$ (W/m ² K)	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56	3.56
(F'_R/F_R)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
T _{referencia}	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
T _{ambiente}	7	7	11	13	16	20	22	23	20	15	10	8
T _{agua red} (°C)	5	6	8	10	11	12	13	12	11	10	8	5
S. colector (m ²)	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81	6.81
Δ tiempo (Ks)	893	907	1004	1026	1060	1026	1060	1060	972	1004	864	837
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288
K1	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
K2	4.67	4.67	4.78	4.83	4.92	5.05	5.12	5.16	5.05	4.89	4.75	4.7
X	7.33	8.42	8.55	9.29	9.33	9.29	9.4	9.13	8.64	8.71	7.64	6.84

Se observa que las pérdidas no están afectadas por la inclinación sino por el tipo de colector.

El parámetro X está en todos los meses y colectores comprendido en el intervalo [0-18] cumpliendo con lo establecido.

A.10. CÁLCULO GRÁFICAS *f-Chart*

El porcentaje de cobertura mensual de la demanda energética de ACS mediante energía solar se calcula con la fórmula *f-chart* en la que se incluyen los parámetros X e Y tomando la siguiente expresión, ecuación 11:

$$f = 1,029*Y - 0,065*X - 0,245*Y^2 + 0,0018*X^2 + 0,0215*Y^3$$

siendo:

- f** : porcentaje de cobertura solar sobre la demanda mensual.
- X** : relación entre las pérdidas de energía en el captador y la demanda mensual.
- Y** : relación entre la energía absorbida por el captador y la demanda mensual.

La cobertura solar anual será el resultado de dividir el total de la energía útil solar de cada mes entre la energía demandada al año. Matemáticamente se expresa así, ecuación 12:

$$\% \text{ cobertura solar anual} = \Sigma Q_u / \Sigma Q_a$$

donde

- ΣQ_u** : Energía solar útil anual; $\Sigma Q_u = (\Sigma f*Q_a)$
- f** : fracción de cobertura solar mensual
- Q_a** : energía mensual demandada

El CTE-HE marca unos niveles mínimos de cobertura solar dependiendo de la zona del proyecto. En nuestro caso la vivienda está situada en el municipio de Tudela, considerado zona III, para la cual se establece una cobertura mínima anual del 50% de la demanda energética de ACS no pudiendo, en ningún mes del año, ser inferior al 20% ni excederse del 100% en más de 3 meses.

A continuación se calcula la cobertura solar en cada mes (f) y la cobertura solar anual para cada caso y se contrastan los resultados en gráficos de barras para apreciar la diferencia entre la energía necesaria y la energía solar. Esta diferencia deberá suplirse con fuentes de energía convencionales, en nuestro caso gas natural, teniendo capacidad para cubrir por si sola la demanda energética de ACS en el caso de fallo de la energía solar.

F4-H218 inclinado 30°:

Tabla 23. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F4-H218 inclinados 30°, aplicando el método f-chart, ecuación 11.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
f	0.24	0.39	0.68	0.73	0.81	0.87	0.94	0.91	0.91	0.67	0.39	0.23	
Q útil (MJ)	303	439	825	829	923	945	1029	1020	1008	782	456	297	8858
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288	13956
% cobertura	0.24	0.39	0.68	0.73	0.81	0.87	0.94	0.91	0.91	0.67	0.39	0.23	0.635

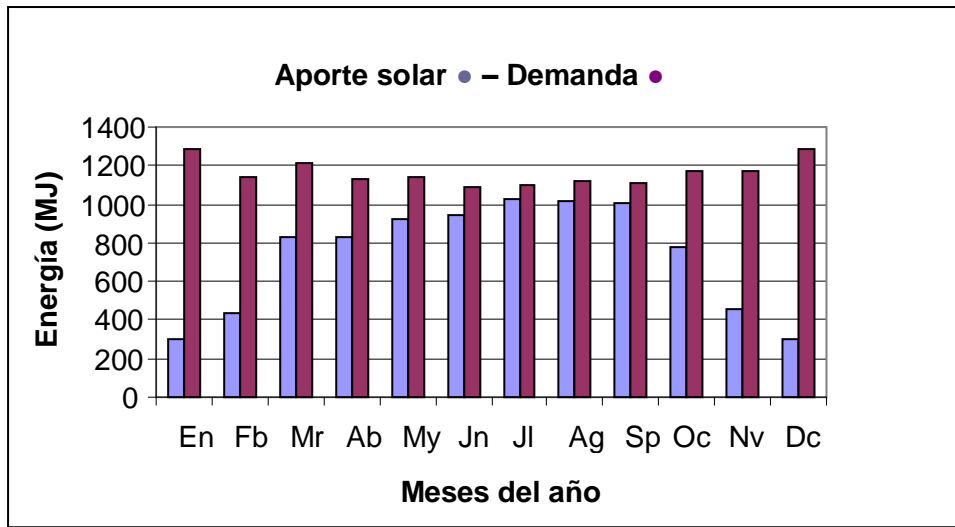


Figura 1. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F4-H218 inclinados 30° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.

En el diagrama de barras (Fig. 1) se observa como la energía aportada por el sol va incrementándose en los meses centrales (verano) hasta casi cubrir la demanda total de ACS con una cobertura máxima del 94% el mes de julio y disminuye considerablemente en los meses fríos con una cobertura mínima del 23% el mes de diciembre.

El total de la cobertura anual asciende hasta un 64%, siendo superior al 50% exigido por la norma.

F4-H218 inclinado 50°:

Tabla 24. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F4-H218 inclinados 50°, aplicando el método f-chart, ecuación 11.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
f	0.26	0.4	0.66	0.68	0.72	0.78	0.87	0.86	0.9	0.7	0.44	0.27	
Q útil (MJ)	339	454	805	763	823	843	950	970	997	820	515	347	8626
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288	13956
%	0.26	0.4	0.66	0.68	0.72	0.78	0.87	0.86	0.9	0.7	0.44	0.27	0.618

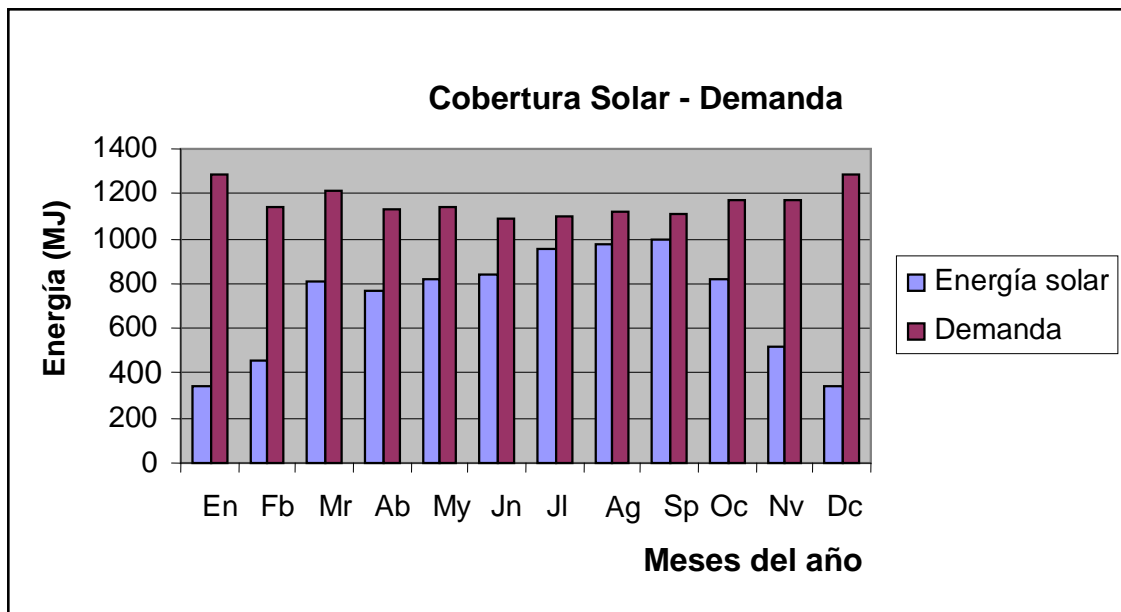


Figura 2. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F4-H218 inclinados 50° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.

En el diagrama de barras (Fig. 2) se observa como la energía aportada por el sol va incrementándose en los meses centrales (verano) hasta casi cubrir la demanda total de ACS con una cobertura máxima del 90% el mes de septiembre y disminuye considerablemente en los meses fríos con una cobertura mínima del 26% el mes de enero.

Se observa que debido a la mayor inclinación los resultados mejoran en invierno y empeoran en verano respecto a una inclinación de 30°.

El total de la cobertura anual asciende hasta un 62%, descendiendo un poco respecto al total con una inclinación de 30°, pero siendo todavía superior al 50% exigido por la norma.

F3-H252 inclinado 30°:

Tabla 25. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F3-H252 inclinados 30°, aplicando el método f-chart, ecuación 11.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
f	0.26	0.42	0.72	0.77	0.84	0.9	0.96	0.94	0.94	0.71	0.42	0.25	
Q útil (MJ)	334	479	877	875	965	979	1054	1051	1041	832	498	327	9312
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288	13956
%	0.26	0.42	0.72	0.77	0.84	0.9	0.96	0.94	0.94	0.71	0.42	0.25	0.667

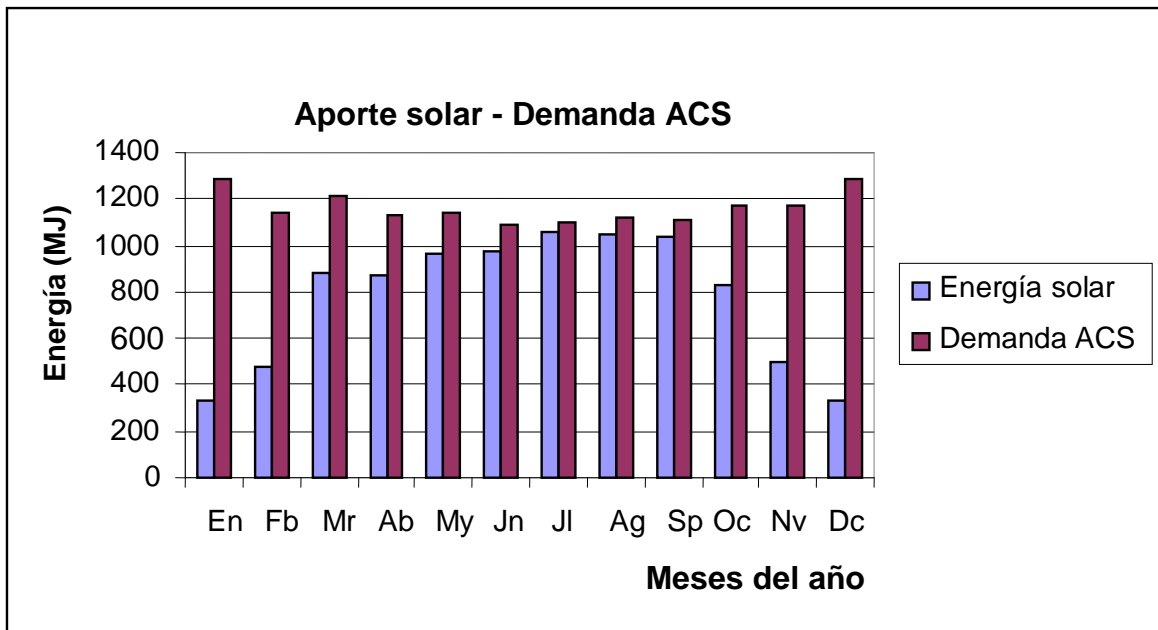


Figura 3. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F3-H252 inclinados 30° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.

En el diagrama de barras (Fig. 3) se observa como la energía aportada por el sol va incrementándose en los meses centrales (verano) hasta casi cubrir la demanda total de ACS con una cobertura máxima del 96% el mes de julio y disminuye considerablemente en los meses fríos con una cobertura mínima del 25% el mes de diciembre.

El total de la cobertura anual asciende hasta un 67%, siendo la solución con mayor cobertura.

F3-H252 inclinado 50°:

Tabla 26. Cálculo de la cobertura solar mensual y anual para 3 colectores F3-H252 inclinados 50°, aplicando el método f-chart, ecuación 11.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Año
f	0.29	0.44	0.71	0.72	0.76	0.81	0.9	0.9	0.93	0.74	0.48	0.3	
Q útil (MJ)	373	496	857	811	869	884	984	1006	1031	870	560	381	9121
Qa (MJ)	1288	1138	1215	1130	1143	1086	1097	1122	1106	1168	1176	1288	13956
%	0.29	0.44	0.71	0.72	0.76	0.81	0.9	0.9	0.93	0.74	0.48	0.3	0.654

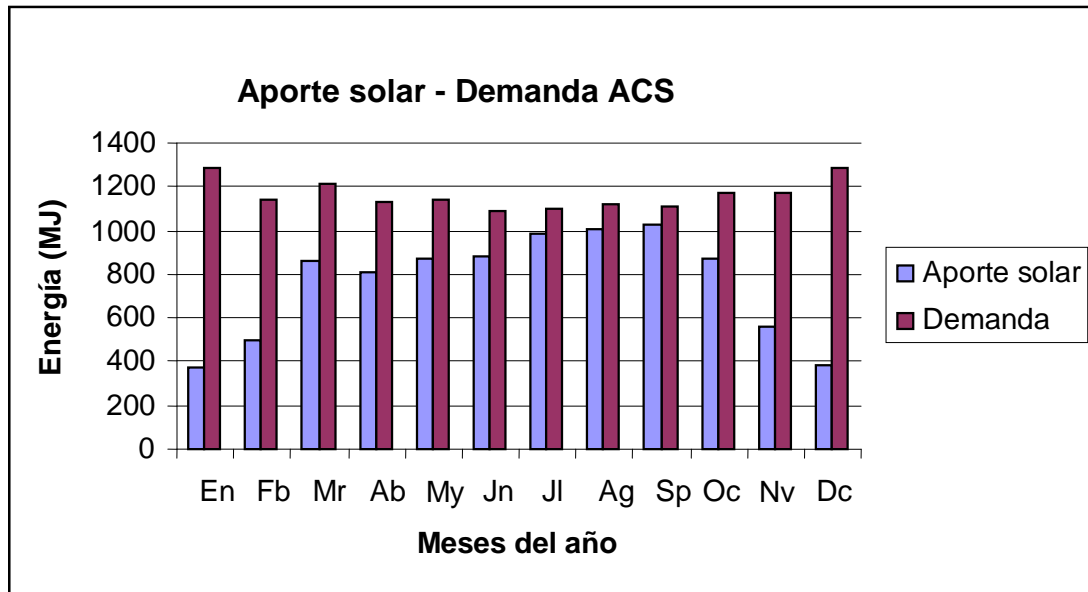


Figura 4. Comparación entre la energía aportada por 3 captadores F3-H252 inclinados 50° y la energía total necesaria de ACS para cada mes.

La mayor cobertura se obtiene con una instalación de 3 colectores F3-H252 inclinados 30°, satisfaciendo el 67% de las necesidades energéticas de ACS. Por el contrario, la menor cobertura sería con una instalación de 3 colectores F4-H218 inclinados 50°, satisfaciendo el 62% de la demanda de ACS. Por lo tanto, en todos los casos se cumple la cobertura mínima exigida por el CTE-HE, ya que para la zona III se exige un mínimo del 50%.

También se puede ver que para inclinaciones de 50° se obtienen mejores resultados en los meses fríos (de octubre a febrero) con respecto a inclinaciones de 30° para el mismo colector, empeorando por el contrario en verano y en el computo anual. Por ello, se descartará una instalación a 50 grados de inclinación, además de por la menor estética al dar a las placas distinta inclinación con respecto a la cubierta de la vivienda.

Así pues se decide instalar los colectores F4-H218 inclinados 30°, aun siendo algo menor la cobertura conseguida respecto al modelo F3-H252, un 3% menor exactamente, por su menor coste y dimensiones, lo que le confiere un mayor rendimiento.

A.11. PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN Y POR SOMBRAS

En la figura 5 se representa las pérdidas en función de los grados de inclinación y su orientación respecto al sur (ángulo de acimut).

La línea roja delimita las pérdidas menores o iguales al 20%, que son las máximas admisibles para nuestro caso de superposición arquitectónica, según el CTE.

La línea azul indica la inclinación de los captadores solares (30°) y la línea amarilla indica el ángulo acimut, de unos 15° dirección sureste. La intersección de ambas líneas muestra las pérdidas (punto verde), aproximadamente un 5% que cumple con el CTE.

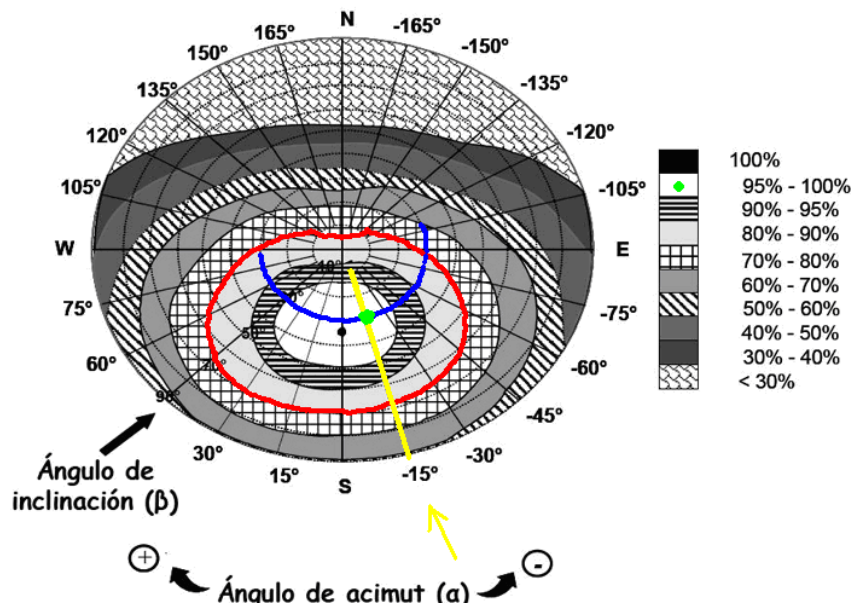


Figura 5. Pérdidas de energía solar en función de los grados de inclinación y ángulo de acimut.

No hay pérdidas por sombras ya que todos los edificios colindantes son casas con alturas parecidas debido a la ley de urbanismo sobre construcción (Imagen 1).



Imagen 1. Cubierta vivienda proyecto

A.12. FLUIDO CALOPORTADOR

El agente anticongelante seleccionado es glicol, recomendado por el fabricante. El fluido térmico se consigue mezclando el anticongelante con agua. La proporción de mezcla depende de las condiciones climatológicas

Características:

- Protección contra la corrosión y la calcificación.
- Mantiene la eficiencia del sistema a lo largo de su vida útil.
- Previene la contaminación bacteriana.
- Compatible con todos los metales y materiales comúnmente usados en los sistemas de calentamiento.
- Combina propiedades anticongelantes y de protección anticorrosivas.
- Protege agua calentada, enfriada y sistemas solares.

Usos:

El líquido protector glicol consiste en una combinación de anticongelante e inhibidor, que proporciona protección durante largo tiempo a los sistemas domésticos de calentamiento contra la formación de corrosión interna y de depósitos de cal. Previene la corrosión de todos los metales empleados en dichos sistemas, como los metales férricos, el cobre y sus aleaciones, y el aluminio.

Está especialmente recomendado para su uso en sistemas solares. Para una protección continua se recomienda que los niveles de líquido sean revisados regularmente (de forma anual).

Como recomienda el fabricante seleccionaremos la concentración de un 40% de anticongelante ya que el punto de congelación será de -20°C , siendo -16°C la temperatura mínima histórica de Navarra.

A.13. DIÁMETRO DE TUBERÍA Y AISLANTE

DIÁMETRO DE TUBERÍA

Para calcular el diámetro de la tubería tenemos que conocer el caudal que circulará por ella.

El caudal recomendado por el fabricante de los colectores es de 50 l/hora por metro cuadrado de captador solar. En nuestro caso tenemos una superficie instalada de 6m², el caudal para nuestro sistema será de 300 l/hora.

El material recomendado para instalaciones solares es cobre ya que se pueden alcanzar temperaturas puntuales altas.

Se tienen que cumplir las siguientes normas, establecidas por el CTE:

- a- La pérdida de carga por metro lineal de tubo no superará los 40 mm c. a.
- b- La velocidad máxima del fluido será de 2 m/s en el circuito primario y 2,5 m/s en el secundario.

La forma de calcular el diámetro será iterando desde un diámetro mínimo e incrementando el diámetro si no se cumplen alguna las dos condiciones anteriores. Una primera aproximación del diámetro se calcula con la siguiente expresión:

$$D = J \times C^{0,35}$$

donde:

D : diámetro en cm.

C : caudal en m³/h (0,300 m³/h)

J : 2,2 para tuberías metálicas y 2,4 para tuberías plásticas.

El resultado obtenido de aplicar la formula anterior da un diámetro aproximado de 1,44 cm. Por ello, se prueba con el diámetro de tubería de cobre normalizado más próximo que es de 13 mm.

La velocidad del fluido caloportador será, ecuación 12:

$$V = Q / A$$

donde:

Q : caudal en m³/s

A : área de la sección de la tubería

Lo primero de todo será calcular el número de Reynolds para saber si se trata de régimen turbulento o laminar. Si $Re > 4000$ entonces se considera régimen turbulento.

$$Re = V \cdot D / \nu$$

donde:

Re : número de Reynolds adimensional.

ν : viscosidad cinemática del fluido caloportador en m²/s ($\approx 10^{-6}$ m²/s)

V : velocidad del fluido en m/s

D : diámetro interior tubería en m.

Aplicando la ecuación del número de Reynolds obtenemos:

$$Re = 6081 > 4000 \longrightarrow \text{Régimen turbulento}$$

Por lo tanto nos encontramos con un régimen turbulento y el factor de fricción de tubería se va a calcular con el diagrama de Moody o con la ecuación explícita de Swamee-Jain.

$$f = 0,25 / [\log_{10}((\epsilon/3,7D) + (5,74/Re^{0,9}))]^2$$

donde:

ϵ : rugosidad de la tubería en m, para las tuberías de cobre (0,0000015 m)

D: diámetro interno de la tubería (m)

Las pérdidas primarias por rozamiento y por metro lineal son, ecuación 13:

$$h_r = fV^2 / 2gD$$

Aplicando las ecuaciones 12, 13, ecuación Swamee-Jain y de Reynolds obtenemos las pérdidas primarias en la tabla 27.

Tabla 27. Cálculo de la velocidad del fluido y de las pérdidas según el diámetro de tubería circuito primario.

Caudal (m ³ /h)	Diam. Int. (mm)	Área int. (m ²)	V (m/s)	Re	f	h _r (mmc.a./m)
0.3	13	0.000133	0.314	6081	0.058	83.267

Obtenemos una velocidad de 0,314 m/s que cumple con la norma pero las pérdidas de carga son superiores a las marcadas por la norma. Por lo tanto, descartamos este diámetro y probaremos con un diámetro mayor.

Probamos con una tubería mayor de diámetro interior 16 mm.

Tabla 28. Cálculo de la velocidad del fluido y de las pérdidas según el diámetro de tubería circuito primario.

Caudal (m ³ /h)	Diam. Int. (mm)	Área int. (m ²)	V (m/s)	Re	f	h _r (mmc.a./m)
0.3	16	0.000201	0.4145	6632	0.059	32.025

Con este diámetro obtenemos una velocidad de 0,41m/s y unas pérdidas de carga de 32,03mm.c.a./m, cumpliendo ambas las normas establecidas. Por lo tanto, elegiremos una **tubería de cobre con un diámetro interno de 16 mm y diámetro externo de 18 mm.**

AISLAMIENTO TUBERIAS

El aislamiento térmico de equipos y tuberías cumple la función de reducir la transmisión de calor entre el fluido (caloportador) y el ambiente con objeto de ahorrar energía. El aislamiento térmico de tuberías y equipos podrá instalarse solamente después de haber efectuado las pruebas de estanqueidad del sistema y haber limpiado y protegido las superficies de tuberías y aparatos.

Para determinar el espesor mínimo de aislamiento utilizaremos el procedimiento simplificado indicado en el párrafo IT 1.2.4.2.1.2 del RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) publicado por Real Decreto 1027/2007 (BOE nº 207).

Los aislamientos térmicos de las instalaciones solares tendrán, como mínimo, los espesores equivalentes a los indicados a continuación para un material con coeficiente de conductividad térmica de 0,040 W/m°C a 20°C (Tabla 29).

Tabla 29. Espesor aislamiento. Fuente: RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios) Publicado por Real Decreto 1027/2007 (BOE num.207).

Diámetro exterior(mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40 a 60	60 a 100	100 a 180
D ≤ 35	25	25	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Para tuberías y accesorios situados en el exterior, los valores de la tabla anterior se incrementaran en 10 mm como mínimo.

El material aislante se sujetará con medios adecuados, de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios. Cuando el material aislante de la tubería y accesorios sea de fibra de vidrio, deberá cubrirse con una protección no inferior a la proporcionada por un recubrimiento de venda y escayola. En los tramos que discurran por el exterior será terminada con pintura asfáltica.

En nuestro caso el diámetro exterior es de 18 mm, la temperatura máxima del fluido está en torno a 40-60 °C, por lo que elegimos el aislante para exteriores de la marca Roth cuya conductividad térmica es de 0,035 W/m°C a 10°C. Por lo tanto, elegimos el espesor de 18x32, es decir, diámetro interno 18 mm y espesor 32 mm, que cumple con la norma.

Es un aislamiento flexible de EPDM, de celdas cerradas y caucho sintético, resistente al ozono y a los rayos UV.

$$\lambda_{10}=035 \text{ W/m}^{\circ}\text{C a } 10^{\circ}\text{C.}$$

A.14. PÉRDIDAS DE CARGA Y BOMBA DE IMPULSIÓN

La longitud de la tubería es de 26 metros, por lo que las pérdidas primarias en total son de:

$$H_{r1} = 833 \text{ mm c. a.}$$

Para calcular la bomba de impulsión es necesario conocer, además de las pérdidas primarias calculadas anteriormente, las pérdidas secundarias, las pérdidas en los paneles solares (facilitada por el fabricante) y las pérdidas en el serpentín del acumulador (facilitadas por el fabricante).

Las pérdidas secundarias se originan por los diferentes cambios en la tubería a consecuencia de introducción de valvulería, codos, racores, etc. En nuestro circuito primario tenemos los siguientes elementos:

Elemento	Cantidad	Coefficiente K	ΣK
Válvulas de corte	7	10	70
Válvulas antiretorno	1	2.5	2.5
Codos 90°	6	0.75	4.5
			77

Así pues las pérdidas secundarias serán:

$$H_{r2} = \Sigma K (v^2 / 2g)$$

$$H_{r2} = 386,75 \text{ mm c.a.}$$

Las pérdidas en un colector son de 10 mbar de caída de presión que equivale a 0,001 mm c.a. Al estar conectados en paralelo la pérdida de todos es igual a la de uno solo.

Las pérdidas en el intercambiador de calor de serpentín interno en el acumulador son de 0,01 mm c.a.

El total de pérdidas será la suma de todas ellas:

$$H_r = 0.01 + 0.001 + 386,75 + 833 = 1220 \text{ mm c. a.}$$

Así, aplicando la formula de Bernoulli calculamos la altura de la bomba necesaria.

$$Z_1 + h_{v1} + h_{p1} + h_b = Z_2 + h_{v2} + h_{p2} + H_r$$

despejando y eliminando términos,

$$H_b = (Z_2 - Z_1) + H_r$$

(Z₂-Z₁): diferencia de alturas, 10 m

$$H_b = 11,2 \text{ m c a}$$

Conocido el caudal de impulsión y la altura de la bomba, elegimos la bomba cuyo punto de funcionamiento sea el más adecuado.

La casa de bombas Grundfos proporciona una aplicación en su pagina web para dimensionar la bomba y elegir la más adecuada en cada caso.

En la primera ventana nos piden los datos de altura de la instalación, caudal, fluido caloportador, etc. (Imagen 2)

GRUNDFOS WEBCAPS

GRUNDFOS

Inicio | Catálogo | Literatura | Servicio | **Dimensionamiento** | Sustitución | Planos CAD | Ayuda

Conexión | Ajustes

Calefacción > Viviendas > Solar

Caudal (Q): 0.18 m³/h Altura (H): 11.2 m
 Presión de entrada mínima: 1.5 bar

Líquido bombeado: Agua de calefacción

Sus requisitos

Caudal (Q) m³/h
 Altura (H) m
 Líquido bombeado
 Concentración %
 Temperatura mínima del líquido °C
 Temperatura del líquido en trabajo °C
 Temperatura máxima del líquido °C
 Horas de funcionamiento de la bomba h/a
 Presión de entrada mínima bar
 Caudal min. permitido %

Imagen 2. Programa cálculo bomba de ACS de la casa Grundfos.

En la segunda ventana (Imagen 3) nos piden las condiciones eléctricas de funcionamiento de la bomba. Se utilizaron las que venían por defecto.

Condiciones de funcionamiento

Frecuencia 50 60 Hz

Fase 1 or 3 1 3

Tipo de arranque trifásico

Límite min. de potencia para arranque est./triang. kW


tension v


Temperatura ambiente °C

Imagen 3. Programa cálculo bomba de ACS de la casa Grundfos.

En la tercera ventana (Imagen 4) nos pedían datos para optimizar la búsqueda en función del consumo energético de la bomba, del coste, etc. Nosotros le pedimos que el criterio de elección se haga en función del precio de la bomba y de los costes de energía, para un periodo de 20 años.

Ajustes de la lista de selección

Limitar la búsqueda a .. 

incluye bomba particular en lista 

Número max. por grupo de productos

Número máximo de resultados

Criterio de evaluación ▼

Precio de energía €

Incremento del precio de la energía %

Interés %

Periodo de cálculo years

Imagen 4. Programa cálculo bomba de ACS de la casa Grundfos.

Así pues nos dio como resultado la siguiente bomba con sus características técnicas:

UPS SOLAR 25-120 180

La bomba UPS Solar es del tipo de rotor encapsulado, es decir la bomba y el motor forman una unidad íntegra sin cierre y con sólo dos juntas para el sellado. Los cojinetes están lubricados por el líquido bombeado.

La bomba se caracteriza por:

- * Eje y cojinetes radiales de cerámica.
- * Cojinete de fondo de carbono.
- * Camisa del rotor y placa soporte de acero inoxidable.
- * Impulsor resistente a la corrosión.
- * Componentes resistentes al glicol.
- * Cuerpo de bomba de fundición tratado por catafóresis.

Las bombas UPS Solar son adecuadas para la circulación de agua en sistemas solares de calefacción en viviendas.

Líquido:

Rango de temperatura del líquido 2 - 95 °C

Temp. líquido: 45 °C

Densidad: 990.2 kg/m³

Técnico:

Caudal real calculado: 0.168 m³/h

Altura resultante de la bomba: 12 m

Clase TF: 95

Presión de trabajo máxima 10 bar

Homologaciones en placa: CE

Materiales:

Cuerpo hidráulico: Fundición

EN-JL1030

ASTM 30 B

Impulsor: Compuesto, PES/PP

Instalación:

Rango de temperaturas ambientes 0 - 40 °C

Humedad relativa: 95 %

Presión de trabajo máxima 10 bar

Diámetro de conexiones: G 11/2

Distancia entre conexiones de aspiración y descarga: 180 mm

Datos eléctricos:

Potencia - P1 180 - 230 W

Potencia de entrada en velocidad 2: 180 W

Potencia de entrada en velocidad 3: 230 W

Frecuencia de alimentación:	50 Hz
Tensión nominal:	1 x 230 V
Corriente nominal	0.79 A
Intensidad en velocidad 2	0.79 A
Corriente en velocidad 3	1.01 A
Tamaño condensador - Funcionamiento	6 μ F
Grado de protección (IEC 34-5):	42
Clase de aislamiento (IEC 85):	F

Otros:

Peso neto:	2.6 kg
Peso bruto:	2.8 kg
Volumen:	0.004 m ³

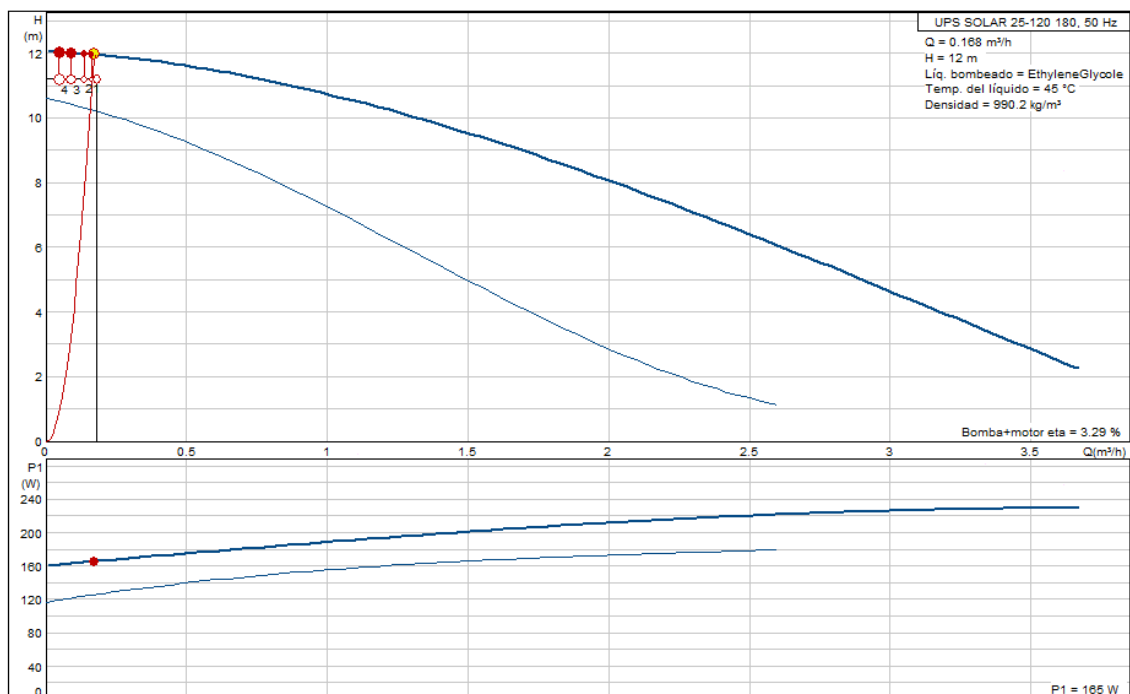


Imagen 5. Curva característica de la bomba UPS solar 25-120 180

Entre varios modelos de bombas, la bomba ofrecida por el fabricante era la mejor para nuestra instalación. Por ello la bomba elegida es de la casa Grundfos, modelo UPS Solar 25-120 180 (Imagen 5 y 6).

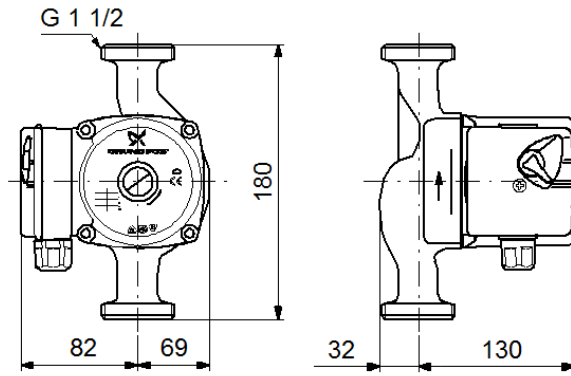


Imagen 6. Bomba UPS solar 25

A.15. VASO DE EXPANSIÓN

La expresión para dimensionar el vaso de expansión, proporcionada también por el fabricante, es la siguiente:

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \cdot V_K)(p_e + 1)}{p_e - p_{st}}$$

donde:

V_N : Volumen nominal del depósito de expansión (litros).

$V_V = V_a(0.01...0.02)$ [Mínimo 1 litro]

V_a : Volumen de fluidos de toda la instalación (litros).

-V colectores = 3 colector x 1,1 litros/colector= 3,3 litros

-V bomba = 3 litros

- V intercambiador serpentín = 6 litros

-V tuberías = 0,201 litros/metro lineal · 26 metros = 5,23 litros

$$V_a = \mathbf{17,53 \text{ litros}}$$

$V_V = \mathbf{0,3}$ por lo que tomaremos el valor mínimo de un litro.

V_2 : Aumento del volumen al calentarse la instalación.

$$V_2 = V_a \cdot \beta = \mathbf{17,53 \cdot 0,07 = 1,3 \text{ litros}}$$

$\beta = 0,07$ para medio portador caloportador.

p_e : Sobre-presión final admisible (bar).

$$p_e = p_{si} - 0,5 = \mathbf{6 - 0,5 = 5,5 \text{ bar}}$$

p_{si} : Presión de escape de la válvula de seguridad (bar).

p_{st} : Presión inicial nitrógeno del depósito de expansión (bar)

$$p_{st} = 1,5 + 0,1h = \mathbf{1,5 + 0,1 \cdot 10 = 2,6 \text{ bar}}$$

h : Altura estática (m). → 10 m

z : Número de colectores → 3

V_K : Capacidad de los colectores (litros) → 1,1litros

$$V_N = \frac{(V_V + V_2 + z \cdot V_K)(p_e + 1)}{p_e - p_{st}} = \frac{(1 + 1,3 + 3 \cdot 1,1)(5,5 + 1)}{5,5 - 2,6} = 12,55 \text{ litros}$$

Como se aprecia es un valor realmente grande ya que supone un 70% del volumen total del circuito primario, cuando este valor debe estar entre un 5-10%. Es por ello que esta fórmula parece ser que sólo es válida para instalaciones de gran volumen.

Por ello calcularemos el vaso de expansión según la normativa UNE 100-155, donde se procede de la siguiente manera:

$$V_T = V_a \times C_e \times C_p$$

donde:

V_t = Volumen total del vaso de expansión
 V_a = Volumen del circuito primario = 17,53l
 C_e = Coeficiente expansión del fluido = 0.04
 C_p = Coeficiente de presión, que a su vez es igual a:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m}$$

P_M : Presión de tarados de la válvula de expansión = 6 bar

P_m : Presión de servicio del sistema = 3.5 bar

$$V_T = 17,53 \times 0,04 \times \frac{6}{2,5} = 1,7 \text{ litros}$$

Con este valor se dimensiona un vaso de expansión comercial de 5 litros de capacidad, de la casa Ibaiondo tipo 5 SMF (Imagen 7)

Descripción:

Vasos de expansión de acero inoxidable, con membrana recambiable (Tapas inoxidables AISI - 304), adecuados en todos los casos donde se necesita máxima higiene. Son también utilizados como anti-ariete y juntos a bombas de pequeño caudal.

Datos Técnicos:

- Vasos de expansión de acero inoxidable.
- Provistos de membrana de butilo, homologada
- Temperatura máxima trabajo: +99°C, aguanta picos de 130°C al menos durante 1 hora.

Dimensiones:

- Capacidad: 5 L
- Presión máxima de trabajo: 8-10 bar
- Precarga: 3,5 bar
- Racor unión: 3/4 " M



Imagen 7. Vaso expansión Ibaiondo 5 SMF

A.16. DEPÓSITO DE ACUMULACIÓN

El CTE recomienda un volumen total de acumulación del orden de 70 litros por m² instalado, por lo tanto:

$$V_{\text{acumulación (l)}} = 70 \cdot S_{\text{instalada (m}^2\text{)}}$$

$$V = 70 \cdot 5,85 = 410 \text{ litros}$$

Según el CTE la potencia del intercambiador debe ser como mínimo del orden de 500 veces el área útil de captadores solares, en nuestro caso 5,85 m², por lo que la potencia del intercambiador será mayor de 3kW.

Elegimos pues el depósito inter-acumulador de la casa SMS, modelo Duo 1HLA con capacidad para 400 litros.

Interacumuladores para agua caliente sanitaria modelo DUO 1HL. 10 bar / 95°C.

Fabricados en acero con doble capa de recubrimiento de esmalte vitrificado al vacío. Intercambiador de calor en serpentín de acero ST-37 / S235JRG2 de gran superficie de intercambio.

Incluyen: Anodo de magnesio, termómetro, aislante térmico de espuma de poliuretano y funda libre de CFC/FCKW.

Especialmente indicado para bombas de calor o calderas de gas.

Descripción	Artículo
DUO 1HLA	
con funda	25170630
gris plata (RAL 9006)	25170640
	25170650

Datos técnicos		300	400	500
Diámetro D	mm	680	680	760
Altura H	mm	1435	1800	1806
Altura Diagonal	mm	1595	1930	1965
Peso vacío	Kg	170	212	254
Brida	DN	110	110	110
Máx.Pres.de trabajo	Bar	10	10	10
Máx.Temp.de trabajo	°C	95	95	95
Superficie de calefacción				
Rend. permanente	kW	90	116	115
Rend. permanente ¹⁾	l/h	2200	2840	2820
Índice rendimiento ¹⁾	N _l	14	21	24
Superf. intercambio	m ²	3,5	5	6
Pérdidas	kWh/24h	2,2	2,5	2,7
Conexiones				
Agua fría	IG	1"	1"	1"
Agua caliente	IG	1"	1"	1"
Circulación	IG	3/4"	3/4"	1"
Retorno de calefacción	IG	5/4"	5/4"	5/4"
Salida de calefacción	IG	5/4"	5/4"	5/4"
Sensor	IG	1/2"	1/2"	1/2"
Calefacción eléctrica	IG	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"

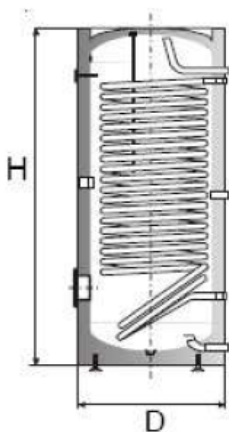


Imagen 8. Depósito de acumulación DUO 1HLA

A.17. MONTAJE COLECTORES SOLARES

Los 3 colectores solares se conectaran en paralelo, permitiendo un mayor rendimiento que en una conexión en serie. Según el fabricante, el número máximo de colectores para el colector Roth F4-Heliostar 218 es de 6 colectores. En nuestro caso no hay ningún problema al ser mucho menor.

El retorno hidráulico de los colectores en paralelo será invertido, lo que permite regular el caudal sin tener que usar válvulas de equilibrado.

El sistema de fijación es el que recomienda el fabricante para teja mixta en cubierta inclinada mayor de 22° de inclinación, para ello son necesarios los siguientes accesorios:

2+1 bastidores superiores e inferiores.

1+1 tira de unión vertical.

2 frontales inferiores y dos superiores, izquierdo y derecho.

2 laterales, izquierdo y derecho.

+1 frontal superior y otro inferior centrales.

3+1 chapas de soporte

4+2 planchas de madera

1+1 junta de unión.

2+1 soporte para tejas.

2 flexibles de unión de 800 mm +1 flexible de unión de 300 mm incluida toda la tornillería.

B. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

El esquema general de la instalación de producción de ACS está representado en la imagen 9 siguiente.

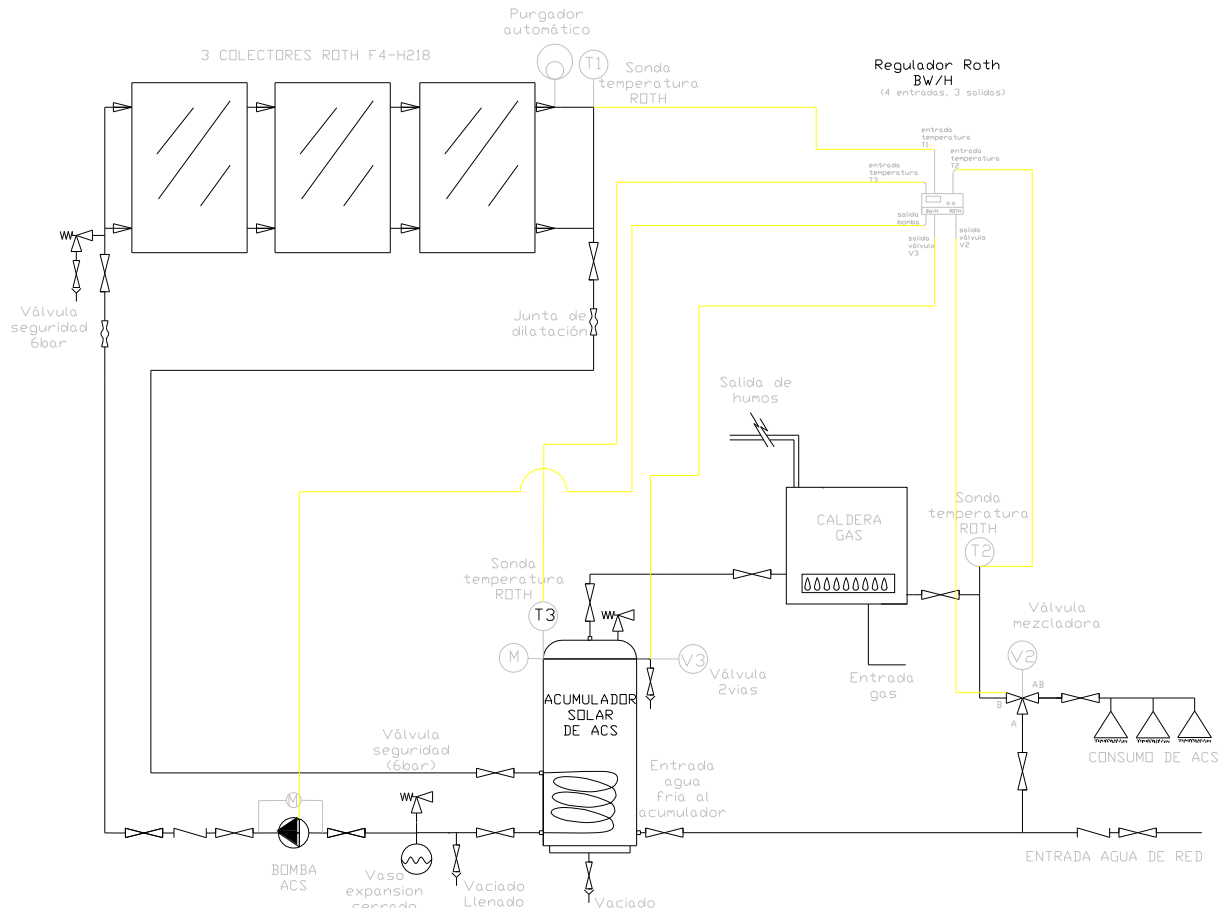


Imagen 9. Esquema instalación ACS

Se compone de 2 partes principales:

Circuito primario cerrado solar, compuesto por:

- 3 colectores térmicos planos.
- Grupo hidráulico de impulsión (bomba, vaso expansión, manómetro).
- Intercambiador de calor interno al acumulador de agua solar.

Circuito secundario abierto de consumo, compuesto por:

- Acumulador de agua solar.
- Caldera gas (apoyo auxiliar de energía)

C. ESTRATEGIA DE REGULACIÓN Y CONTROL

Funcionamiento del circuito primario:

Cuando la temperatura del fluido caloportador en los colectores T1 (sonda temperatura de inmersión) es mayor que la temperatura en el acumulador de agua T3 (sonda temperatura de inmersión) la bomba se pone en marcha.

Si T1 es menor o igual que T3 entonces la bomba se detiene.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Si } T1 > T3 & \longrightarrow \text{ Bomba encendida} \\ \text{Si } T1 < T3 & \longrightarrow \text{ Bomba apagada} \end{array} \right.$$

Funcionamiento seguridad sobrecalentamiento:

Si T3 (sonda temperatura de inmersión) es mayor de 80°C entonces V3 (válvula de 2 vías todo- nada) abre la válvula de descarga, mientras sea menor permanecerá cerrada.

Debido a que el método empleado expulsa agua para controlar la temperatura se observará si el agua expulsada es mucha y en tal caso se tapan total o parcialmente los colectores durante la época de mayor sobrecalentamiento con algún material opaco que no dañe el colector y que se pueda retirar pasado el periodo crítico sin perjuicios al colector.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Si } T3 > 80^{\circ}\text{C} & \longrightarrow \text{ V3 abierta} \\ \text{Si } T3 \leq 80^{\circ}\text{C} & \longrightarrow \text{ V3 cerrada} \end{array} \right.$$

Funcionamiento seguridad quemaduras circuito consumo:

Si T2 (sonda temperatura de inmersión) es mayor de 60°C entonces la válvula V2 (válvula mezcladora de tres vías) permitirá el paso de agua fría de red rebajando la temperatura a 55°C, mientras que si es menor permanecerá cerrada.

$$\left\{ \begin{array}{ll} \text{Si } T2 > 60^{\circ}\text{C} & \longrightarrow \text{ V2 abierta} \\ \text{Si } T2 \leq 60^{\circ}\text{C} & \longrightarrow \text{ V2 cerrada} \end{array} \right.$$

C.1. ELEMENTOS DE CONTROL

C.1.1. Centralita de control

Irà instalada en el garaje a una altura de 1,75 m de altura sobre el nivel del suelo.

Desde ella se controla el funcionamiento del circuito de calentamiento de agua caliente sanitaria solar.

Se encargará de comandar la bomba de impulsión, la válvula V2 de 2 vías y la válvula V3 de tres vías en función de las sondas de temperatura T1 y T3.

Se ha elegido la centralita de la casa Roth modelo BW/H con 4 entradas de temperatura y 3 salidas de relé (bomba impulsión, válvulas V2 y V3). A demás en el precio vienen incluidas 3 sondas de temperatura PT1000.



Imagen 9. Controlador BW/H

Ref. 1135003976 regulador diferencial de temperaturas, de la empresa ROTH, con las siguientes funciones:

- Display gráfico iluminado con representación de la instalación, 9 sistemas de base.
- Reloj horario para la bomba solar, función de captadores de tubo de vacío, regulación de velocidad y balance de energía.
- Limitación de temperatura de captador y acumulador, sistema de protección anti-hielo, función de vacaciones (refrigeración del acumulador).
- 4 entradas de temperatura y 3 salidas de relé.
- Incluidas 3 sondas PT1000.
- Dimensiones: 172 x 110 x 46 mm.

C.1.2. Sondas de inmersión

Son las encargadas de medir la temperatura en los diferentes puntos de la instalación y enviar esos datos a la centralita de control.

Utilizaremos sondas de inmersión de la casa Roth modelo TP1000.



Imagen 10. Sonda inmersión PT1000.

Sonda de temperatura para captador y depósito, 6 mm de diámetro, con 2,5 m de cable de silicona estabilizado para temperaturas hasta 180°C

C.1.3. Válvula mezcladora 3 vías

Se encarga de mezclar el agua proveniente del acumulador solar con agua fría de red con la intención de rebajar la temperatura de consumo para evitar quemaduras.

Utilizaremos la válvula mezcladora de la casa Roth modelo BM.



Imagen 11. Válvula mezcladora BM

Ref. 6020600164 válvula mezcladora BM para ACS, de la empresa ROTH, para regular manualmente la temperatura de ACS entre 35°C y 55°C
Con racores de unión para soldar tubería de cobre de 22 mm.

C.1.4. Válvula 2 vías todo-nada

Funciona como una llave de cierre hidráulica solo que permite o no el paso del fluido automáticamente gobernada por la centralita de control.

Se colocará la válvula de la casa Roth con un coeficiente Kvs de 5,3.



Imagen 12. Válvula motorizada todo-nada

D. SEGURIDAD

D.1. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO CONTRA CONGELAMIENTO

Para evitar el congelamiento del fluido caloportador en el invierno se utiliza la mezcla de agua-anticongelante ya mencionada en apartados anteriores.

D.2. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO – ACUMULADOR CONTRA SOBRECALENTAMIENTO:

El método f-chart no permite calcular hora a hora la radiación solar por lo que es imposible saber con exactitud el tiempo durante el cual se superará en los colectores solares la temperatura de seguridad.

El problema del circuito primario no es tanto el aumento de temperatura, que es aguantado sin problemas por los componentes del sistema, sino por la sobrepresión y la vaporización del fluido caloportador causada por ese exceso de temperatura.

A demás de la protección pasiva del circuito en caso de sobrepresión (válvulas de seguridad con resorte, vaso de expansión), existen varios métodos de protección activos para evitar el sobrecalentamiento del circuito primario (aerotermos, calentamiento piscinas,...), el método elegido es el siguiente:

Cuando la temperatura en las tuberías del colector superé la del acumulador la bomba se activará, de esta forma la temperatura en el circuito primario disminuirá calentando el agua del acumulador, llegará un punto donde la temperatura del acumulador esté por encima de la temperatura de consumo establecida de 45°C.

Cuando el fluido en el acumulador supere la temperatura establecida de 80°C, una válvula de seguridad expulsará el agua de consumo al desagüe, con lo que entrará agua fría de red disminuyendo la temperatura del depósito.

El principal inconveniente de éste sistema es la pérdida de agua, mientras que la principal ventaja es la economía de la instalación ya que no se precisa instalar elementos costosos.

D.3. PROTECCIÓN DEL CIRCUITO DE CONSUMO

Según el CTE, en sistemas de agua caliente sanitaria donde la temperatura del agua en los puntos de consumo pueda exceder de 60°C (en nuestro caso llegará a 75°C) debe instalarse un sistema automático de mezcla (válvula de 3 vías mezcladora) que limite dicha temperatura a 55°C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios antilegionela.

E. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA DEMANDA

E.1. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR

Este cálculo es aplicable a la parte opaca de todos los cerramientos en contacto con el aire exterior tales como muros de fachada, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior.

La transmitancia térmica U ($W/m^2 K$) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Siendo:

R_T la resistencia térmica total del componente constructivo [$m^2 K/ W$].

La resistencia térmica total R_T de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo:

$R_1, R_2 \dots R_n$ las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (E.3) ($m^2 K/W$).

R_{si} y R_{se} las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla E.1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [$m^2 K/ W$].

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

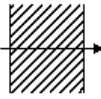


$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Siendo:

e : el espesor de la capa [m].

λ : la conductividad térmica (W/mK). En caso de una capa de espesor variable se considerará el espesor medio. λ la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de tablas.

Tabla E.1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m²K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente 	0,04	0,17

E.1.1. Fachada recubrimiento caravista

Cerramiento vertical con flujo de calor horizontal.

El área total con este tipo de cerramiento es de 43,43 m²

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mK)	Transmitancia térmica (W/m ² K)	Resistencia térmica (m ² K/W)
Ladrillo caravista	115	0.49	4.260869565	0.23469388
Poliuretano proyectado	30	0.026	0.866666667	1.15384615
Cámara de aire	50			0.18
Ladrillo hueco	70	0.49	7	0.14285714
Yeso	15	0.43	28.66666667	0.03488372
Muro				1.7462809

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_{muro} + R_{se} = 1,916 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 43,43 \text{ m}^2$$

E.1.2. Suelo terraza

Cerramiento horizontal flujo de calor ascendente.
El área total con este cerramiento es de 22,7 m².

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mK)	Transmitancia térmica (W/m ² K)	Resistencia térmica (m ² K/W)
Terrazo	30	1.15	38.33333333	0.02608696
Mortero agarre	20	1.16	58	0.01724138
Fibra de vidrio	80	0.034	0.425	2.35294118
Bovedilla hormigón				0.2
Yeso	15	0.43	28.66666667	0.03488372
Suelo				2.63115323

$$R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_{suelo} + R_{se} = 2,77 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U = 0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$$

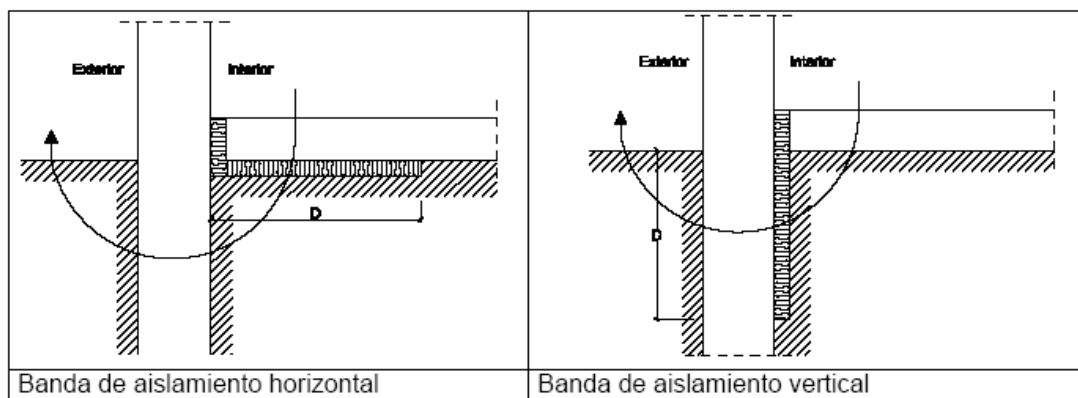
$$A = 22,7 \text{ m}^2$$

E.2. CERRAMIENTOS EN CONTACTO CON EL TERRENO

La transmitancia térmica U_s (W/m²K) se obtendrá de la tabla E.3 en función del ancho D de la banda de aislamiento perimétrico, de la resistencia térmica del aislante R_a calculada mediante la expresión (E.3) y la longitud característica B' de la solera o losa.

Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Figura E.1. Soleras con aislamiento perimetral



Se define la longitud característica B' como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semi-perímetro, según la expresión:

$$B' = \frac{A}{\frac{1}{2}P}$$

Siendo:

P: la longitud del perímetro de la solera [m] = 36,3m

A: el área de la solera [m²] = 49,25m²

Con estos datos obtenemos un parámetro B' = 2,7135

Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica U_s se tomará de la columna Ra = 0m² K/ W en función de su longitud característica B'.

Para soleras o losas con aislamiento continuo en toda su superficie se tomarán los valores de la columna D ≥ 1,5m.

La transmitancia térmica del primer metro de losa o solera se obtendrá de la fila B' = 1.

Para las cámaras de aire existentes, entre las diversas capas de los cerramientos, en los casos aquellos que sean sin ventilación, obtendremos el valor de la resistencia térmica de la siguiente tabla también del Código Técnico de la edificación HE 1 Apéndice E, al igual que el resto de tablas utilizadas.

Tabla E.2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en m² K/W

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Tabla E.3 Transmitancia térmica U_s en W/m² K

B'	Ra	D = 0.5 m					D = 1.0 m					D ≥ 1.5 m				
		Ra (m ² K/W)					Ra (m ² K/W)					Ra (m ² K/W)				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

E.2.1. Suelo planta baja

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mK)	Transmitancia térmica (W/m ² K)	Resistencia térmica (m ² K/W)
Mármol	30	1	21	0.030
Mortero de cemento	40	1.16	29	0.03448276
Poliestireno expandido	30	0.026	0.866666667	1.15384615
Losa cimentación (hormigón armado)	500	2.5	5	0.2
Hormigón limpieza	100	1	10	0.1
Suelo				1.53594796

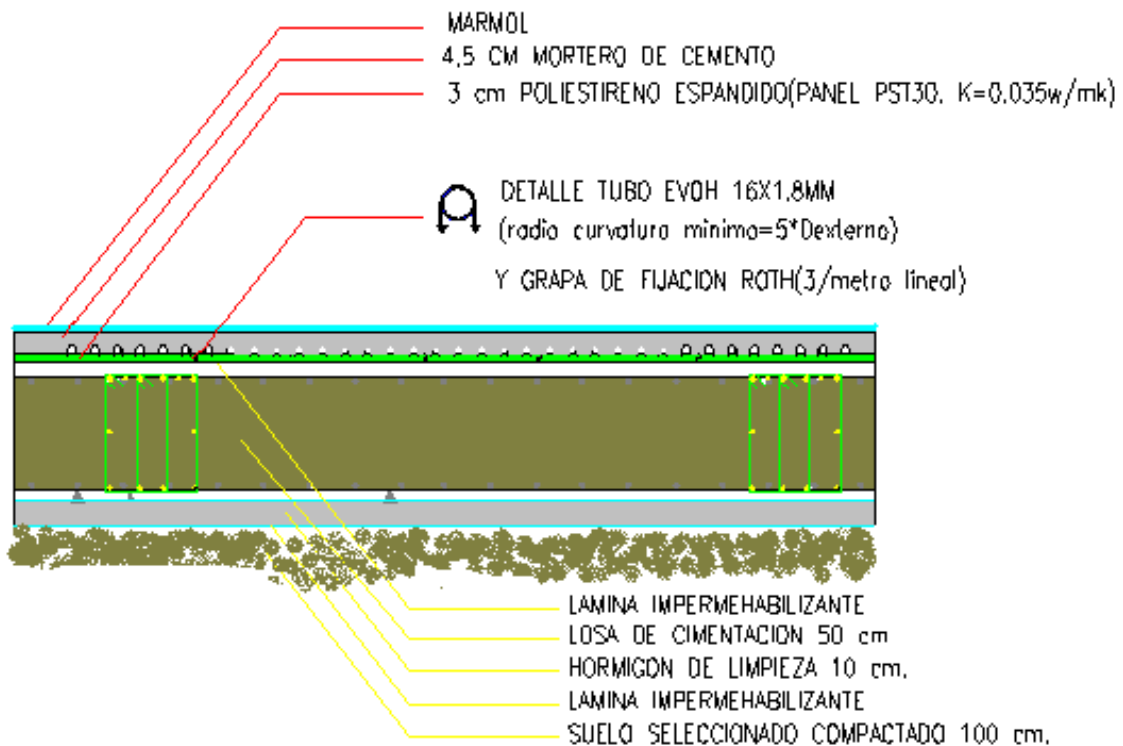
$Ra = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$

$D \geq 1,5\text{m}$

$B^2 = 2,7$ como es menor de 5 tomaremos $B' = 5$

$Us = 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

$A = 49,25\text{m}^2$



E.3. PARTICIONES INTERIORES EN CONTACTO CON ESPACIOS NO HABITABLES

La transmitancia térmica U (W/m^2K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = U_p \cdot b$$

siendo:

U_p : la transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable, calculada según el apartado E.1.1, tomando como resistencias superficiales los valores de la tabla E.6. [$W/m^2 K$]

b : el coeficiente de reducción de temperatura (relacionado al espacio no habitable) obtenido por la tabla E.6 para los casos concretos que se citan o mediante el procedimiento descrito.

El coeficiente de reducción de temperatura b para espacios adyacentes *no habitables* (trasteros, despensas, garajes adyacentes...) y espacios no acondicionados bajo cubierta inclinada se podrá obtener de la tabla E.7 en función de la situación del aislamiento térmico (véase figura E.6), del grado de ventilación del espacio y de la relación de áreas entre la *partición interior* y el *cerroamiento* (A_{iu}/A_{ue}). Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

Se distinguen dos grados de ventilación en función del nivel de estanqueidad del espacio definido en la tabla E.8:

- CASO 1 espacio ligeramente ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 1, 2 o 3;
- CASO 2 espacio muy ventilado, que comprende aquellos espacios con un nivel de estanqueidad 4 o 5.

Tabla E.6 Resistencias térmicas superficiales de particiones interiores en m^2KW

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R_{se}	R_{si}
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

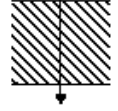
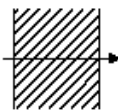


Tabla E.7 Coeficiente de reducción de temperatura b

A_{iu}/A_{ue}	No aislado _{ue} - Aislado _{iu}		No aislado _{ue} -No aislado _{iu}		Aislado _{iu} -No aislado _{iu}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0.25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0.25 ≤0.50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0.50 ≤0.75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0.75 ≤1.00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1.00 ≤1.25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1.25 ≤2.00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2.00 ≤2.50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2.50 ≤3.00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3.00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

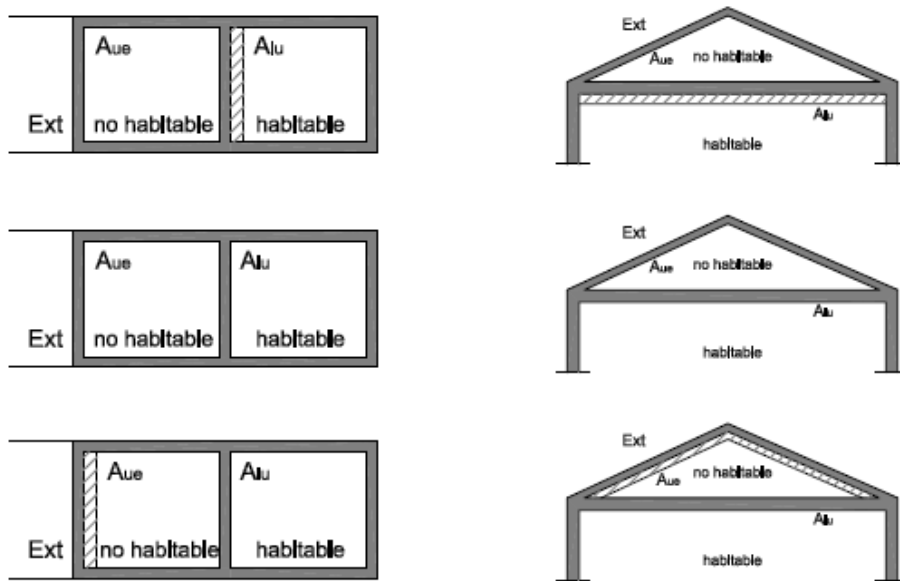


Figura E.6 Espacios habitables en contacto con espacios no habitables

NOTA: El subíndice *ue* se refiere al cerramiento entre el *espacio no habitable* y el exterior;
El subíndice *iu* se refiere a la partición interior entre el espacio habitable y el espacio no habitable.

E.3.1. Paredes laterales en contacto con casas vecinas

Las casas vecinas se considerarán espacios no habitables debido a la independencia entre los sistemas de calefacción.

Es un cerramiento vertical con flujo de calor horizontal.

La pared con aislante térmico está, entre el espacio habitable y el no habitable; entonces, para el coeficiente de reducción de temperatura “b” utilizaremos el caso 1 de la primera columna, siendo $A_{iu}/A_{ue} = 1$.

El área que ocupa este cerramiento es de 129,23 m².

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mK)	Transmitancia térmica (W/m ² K)	Resistencia térmica (m ² K/W)
Yeso	15	0.43	28.66666667	0.03488372
Ladrillo macizo	120	0.87	7.25	0.13793103
Poliestireno extruido	40	0.04	1	1
Cámara de aire	20			0.17
Cemento y arena	20	1	50	0.02
Total Pared				1.36281476

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_{suelo} + R_{se} = 1,62 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_p = 0,62 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$b = 0,92$$

$$U = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 129,23 \text{ m}^2$$

E.3.2. Pared en contacto con el garaje

Es un cerramiento vertical con flujo de calor horizontal.

La pared con aislante térmico esta, entre el espacio habitable y el no habitable, entonces, para el coeficiente de reducción de temperatura “b” utilizaremos el caso 1 de la primera columna, siendo $A_{iu}/A_{ue} = 1$.

El área total que ocupa dicho cerramiento es de 19,91 m².

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mK)	Transmitancia térmica (W/m ² k)	Resistencia térmica (m ² k/W)
Yeso	15	0.43	28.66666667	0.03488372
Ladrillo hueco	45	0.49	10.88888889	0.09183673
Poliuretano proyectado	30	0.026	0.866666667	1.15384615
Ladrillo hueco	45	0.49	10.88888889	0.09183673
Yeso	15	0.43	28.66666667	0.03488372
Pared				1.40728707

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_t = R_{si} + R_{pared} + R_{se} = 1,62 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_p = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$b = 0,92$$

$$U = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 19,91 \text{ m}^2$$

E.3.3. Techo del garaje en contacto con la primera planta

Es un cerramiento horizontal con flujo de calor vertical descendente.

La pared con aislante térmico está, entre el espacio habitable y el no habitable; entonces, para el coeficiente de reducción de temperatura “b” utilizaremos el caso 1 de la primera columna, siendo $A_{iu}/A_{ue} = 2$.

El área que ocupa este cerramiento es de $19,76 \text{ m}^2$

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mK)	Transmitancia térmica (W/m ² K)	Resistencia térmica (m ² K/W)
Parquet	10	0.21	21	0.04761905
Poliestireno expandido	30	0.026	0.866666667	1.15384615
Mortero de cemento	40	1.16	29	0.03448276
Bovedilla hormigón				0.2
Yeso	15	0.43	28.66666667	0.03488372
Techo				1.47083168

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$$

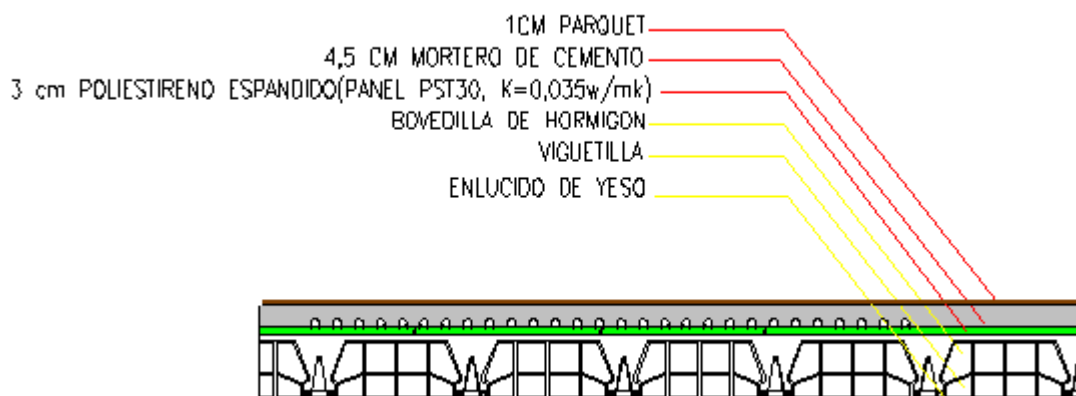
$$R_t = R_{si} + R_{pared} + R_{se} = 1,81 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$U_p = 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$b = 0,86$$

$$U = 0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$A = 19,76 \text{ m}^2$$



E.3.4. Cubierta

Es un cerramiento horizontal con flujo de calor vertical ascendente.

La pared con aislante térmico está, entre el espacio habitable y el no habitable; entonces, para el coeficiente de reducción de temperatura “b” utilizaremos el caso 1 de la primera columna, siendo $A_{iu}/A_{ue} = 0,866$.

Material	Espesor (mm)	Conductividad térmica (W/mK)	Transmitancia térmica (W/m ² K)	Resistencia térmica (m ² K/W)
Yeso	15	0.43	28.66666667	0.03488372
Bovedilla hormigón				0.2
Fibra de vidrio	80	0.034	0.425	2.35294118
Cubierta				2.5878249

$$\begin{aligned}
 R_{si} &= 0,10 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 R_{se} &= 0,10 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 R_t &= R_{si} + R_{pared} + R_{se} = 2,79 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 U_p &= 0,36 \text{ W/m}^2\text{K} \\
 b &= 0,94
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U &= 0,34 \text{ W/m}^2\text{K} \\
 A &= 45,32 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

E.4. HUECOS Y LUCERNARIOS

La transmitancia térmica de los huecos U_H (W/m²K) se determinará mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1-FM) U_{H,V} + FM U_{H,m}$$

siendo

$U_{H,V}$: la transmitancia térmica de la parte semitransparente (W/m²K)
 $U_{H,m}$: la transmitancia térmica del marco de la ventana o lucernario, o puerta (W/m²K)
 FM : la fracción del hueco ocupada por el marco.

E.4.1. Ventanas y puertas acristaladas

En toda la casa se utiliza el mismo tipo de vidrio y carpintería tanto para las ventanas como para las puertas (correderas jardín y terraza).

El tipo de vidrio utilizado es de la marca AISLAGLAS 4/6/4; es decir, tiene dos hojas de vidrio de 4 mm cada una e intercalada entre ambas una cámara de aire de 6mm. Para este vidrio el fabricante da una transmitancia térmica de $U_{H,V} = 3,4$ (W/m²K).

La carpintería es de aluminio y doble sellado perimetral (junta plástica), con rotura de puente térmico y cuya transmitancia térmica es $U_{H,m} = 3,2$ (W/m²K).

La fracción del hueco ocupada por el marco variará, según la planta, ya que las dimensiones de las ventanas son distintas según plantas y orientación, siendo entonces distinta la transmitancia de cada hueco.

		FM (%)	U_{HM} (W/m ² K)	U_{HV} (W/m ² K)	Superficie(m ²)	U_H (W/m ² K)
Zona Norte (fachada ppal.)	Planta baja	25	3.2	3.4	9	3.35
	Planta primera					
	Planta segunda					
Zona Sur (fachada jardín)	Planta baja	27	3.2	3.4	8.4	3.346
	Planta primera	21	3.2	3.4	3	3.358
	Planta segunda	28	3.2	3.4	2.86	3.344

E.4.2. Puertas opacas

Existen dos puertas que delimitan el cerramiento de la casa.

Una es la principal de entrada que, en contacto con el exterior delimita el pasillo del salón con la calle,

$$\begin{aligned}
 R_{si} &= 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 R_{se} &= 0,04 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 R_{p,ppal} &= 0,6 \text{ W/m}^2\text{K} \\
 U_{H p,ppal} &= 1,53 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 A &= 2,2 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

La otra es la que da acceso a la casa desde el garaje, delimitando pues un espacio habitable con otro sin habitar,

$$\begin{aligned}
 R_{si} &= 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 R_{se} &= 0,13 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 R_{p,garaje} &= 0,49 \text{ m}^2\text{K/W} \\
 U_{H p,garaje} &= 1,33 \text{ W/m}^2\text{K} \\
 A &= 1,8 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

E.5. FACTOR SOLAR MODIFICADO DE HUECOS Y VENTANAS

El factor solar modificado en el hueco F_H o en el lucernario F_L se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_S \cdot [(1-FM) \cdot g_{\perp} + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] \quad (E.11)$$

siendo

F_S el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas E.11 a E.15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de F_S se debe considerar igual a la unidad;

FM la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;

g_{\perp} el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998;

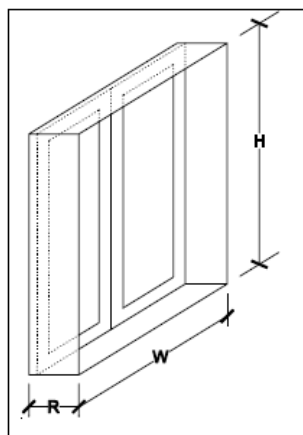
U_m la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [$W/ m^2 K$];

α la absorptividad del marco obtenida de la tabla E.10 en función de su color.

Tabla E.10 Absortividad del marco para radiación solar α

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

Tabla E.12: Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo



		$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
S	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27
	$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/SO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36
	$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51
	$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39

siendo:

$$F_S = 0,82$$

$$g_{\perp} = 0,8$$

$$U_m = 3,2 \text{ (W/m}^2\text{K)}$$

$$\alpha = 0,65$$

		FM (%)	F (W/m2K)	Superficie(m ²)
Zona Norte (fachada ppal.)	Planta baja			
	Planta primera	25		
	Planta segunda	25		
Zona Sur (fachada jardín)	Planta baja	27	0.49730048	8.4
	Planta primera	21	0.53256704	3
	Planta segunda	28	0.49142272	2.86

E.6. COMPARACIÓN DATOS CARACTERÍSTICOS MEDIOS CON VALORES LÍMITE

Cerramientos y particiones interiores	Componentes		Parámetros característicos	Parámetros característicos medios (W/m2K)	Valores límite (W/m2K)	Comparación con los valores límite
Cubiertas	C1	En contacto con el aire	$U_{C1}=0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=22,7\text{m}^2$	$U_{Cm}=0,346$	$U_{Clim}=0,38$	Correcto
	C2	En contacto con un espacio no habitable	$U_{C2}=0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=48,99\text{m}^2$			
Fachadas	M1	Muro en contacto con el aire	$U_{M1}=0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=43,43 \text{ m}^2$	$U_{Mm}=0,56$	$U_{Mlim}=0,66$	Correcto
	M2	Muro en contacto con espacios no habitables	$U_{M2}=0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=129,23 \text{ m}^2$			
	M2	Muro en contacto con espacios no habitables	$U_{M2}=0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=19,91 \text{ m}^2$			
	H	Huecos	$U_{HN}=3,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=9 \text{ m}^2$	$U_{HNm}=2,99$	$U_{HNlim}=3$	Correcto
			$U_{HS}=3,346 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=8,4\text{m}^2$			
			$U_{HS}=3,358 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=3 \text{ m}^2$			
			$U_{HS}=3,344 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=2,86 \text{ m}^2$	$U_{HSm}=3,35$	$U_{HSlim}=3,5$	Correcto
			$U_{HN}=1,53 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=2,2\text{m}^2$			
			$U_H=1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=1,8\text{m}^2$			
			$F_H=0,497 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=8,4\text{m}^2$	$F_{Hm}=0,50$	$F_{Hlim/S} = 0,57$	Correcto
$F_H=0,533 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=3\text{m}^2$						
$F_H=0,491 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=2,86\text{m}^2$						
Suelos	S1	Apoyados sobre el terreno	$U_{S1}=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=49,25\text{m}^2$	$U_{Sm}=0,49$	$U_{Slim}=0,49$	Correcto
	S2	En contacto con espacios no habitables	$U_{S2}=0,47 \text{ W/m}^2\text{K}$ $A=19,76\text{m}^2$			

E.7. CONDENSACIONES

Se definen primero las condiciones de trabajo;

- a) *Condiciones exteriores:* Se calculará para el mes de enero, que es el más frío y, por lo tanto, el más desfavorable, con los datos que se recogen en la tabla G.2 del CTE para la capital de provincia, ya que Tudela se encuentra a una menor altura que la de referencia.

$$T_{\text{med}} : 4,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{HR}_{\text{med}} : 80\%$$

- b) *Condiciones interiores:* Se tomará una temperatura interior de 20 °C para todos los meses del año y una humedad relativa media del 55%.

E.7.1. Condensaciones superficiales

Las condensaciones superficiales son aquellas en que el vapor de agua del aire se condensa en la pared interior de la casa o recinto formando agua, y por lo tanto humedades.

Para evitar la condensación en la superficie interior, se debe dar el caso en que: el factor de temperatura de la superficie interior (f_{Rsi}) sea mayor o igual que el mínimo ($f_{\text{Rsi,mín}}$).

El factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} , para cada cerramiento, partición interior, o puentes térmicos integrados en los cerramientos, se calculará a partir de su transmitancia térmica mediante la siguiente ecuación:

$$f_{\text{Rsi}} = 1 - U \cdot 0,25$$

siendo:

U : la transmitancia térmica del cerramiento, partición interior, o puente térmico integrado en el cerramiento, ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$).

Para cada tipo de cerramiento obtenemos un factor de temperatura de superficie expresado en la siguiente tabla:

Tipo cerramiento	Transmitancia U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	Factor temperatura superficie interior f_{Rsi}
Fachada caravista	0.52	0.87
Suelo terraza	0.36	0.91
Suelo planta baja	0.5	0.875
Paredes laterales	0.57	0.8575
Pared contacto garaje	0.55	0.8625
Techo garaje	0.47	0.8825
Cubierta	0.34	0.915

El factor de temperatura de la superficie interior mínimo aceptable $f_{R_{si},\min}$ de un puente térmico, cerramiento o partición interior se podrá calcular a partir de la siguiente expresión:

$$f_{R_{si},\min} = (\theta_{si,\min} - \theta_e) / (20 - \theta_e)$$

siendo:

θ_e : la temperatura exterior de la localidad en el mes de enero definida arriba en las condiciones exteriores para condensaciones, en nuestro caso 4,5 °C.

$\theta_{si,\min}$: la temperatura superficial interior mínima obtenida de la siguiente expresión(°C):

$$\theta_{si,\min} = \left[237,3 \log_e(P_{sat}/610,5) / (17,269 - \log_e(P_{sat}/610,5)) \right]$$

donde,

P_{sat} : es la presión de saturación máxima aceptable en la superficie, $P_{sat} = P_i / 0,8$

P_i : es la presión del vapor interior, en pascal, $P_i = \Phi_i 2337$

Φ_i : es la humedad relativa interior, en tanto por 1, en nuestro caso 0,55.

Así pues,

$$P_i = 0,55 * 2337 = 1285,35 \text{ Pa}$$

$$P_{sat} = 1285,35 / 0,8 = 1606,69 \text{ Pa}$$

$$\theta_{si,\min} = \left[237,3 \log_e(1606,69/610,5) / (17,269 - \log_e(1606,69/610,5)) \right] = 14,1 \text{ °C}$$

$$f_{R_{si},\min} = (14,1 - 4,5) / (20 - 4,5) = 0,62$$

Comparando pues, los valores del factor de temperatura para la superficie interior con los mínimos requeridos, se observa que se cumple la norma exigida, siendo $f_{R_{si}}$ mayor que $f_{R_{si},\min}$ para cualquier tipo de cerramiento.

E.7.2. Condensaciones intersticiales

Las condensaciones intersticiales son las que se producen cuando el vapor de agua contenido en el aire se condensa en algún punto dentro de la pared, provocando roturas de está y humedades, siendo más grave que la superficial, se calculará para el mes de enero ya que es el más desfavorable tanto en temperatura como en humedad relativa.

Para evitar la condensación intersticial se compararan la presión de vapor en cada capa del cerramiento, con la presión de saturación en cada capa del cerramiento.

Para calcular la presión de vapor en cada capa del cerramiento, primero calcularemos la temperatura de cada capa y luego su presión de vapor con las siguientes fórmulas:

$$\text{Temperatura de la capa: } \theta_n = \theta_{n-1} + (R_n / R_T) * (\theta_i - \theta_e)$$

$$\text{Presión saturación: } P_{sat} = 610,5 * e^{(17,269 \theta / (237,3 + \theta))}$$

Para calcular la presión de vapor de cada capa, utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$P_n = P_{n-1} + (S_{d(n-1)} / \Sigma S_{dn}) * (P_i - P_e)$$

siendo:

P_i : presión de vapor del aire interior (Pa)

P_e : presión de vapor del aire exterior (Pa)

que se calculan:

$$P_i = \Phi_i * P_{sat}(\Phi_i)$$

$$P_e = \Phi_e * P_{sat}(\Phi_e)$$

$P_1 \dots P_{n-1}$: presión de vapor en cada capa (Pa)

$S_{d1} \dots S_{d(n-1)}$: el espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua, calculado mediante la siguiente expresión (m)

$$S_{dn} = e_n * \mu_n$$

donde:

μ_n : es el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, en catálogos.

e_n : espesor de la capa n (m)

Condiciones exteriores:

Localidad		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Pamplona	T_{med}	4.5	6.5	8	9.9	13.3	17.3	20.5	20.3	18.2	13.7	8.3	5.7
	HR_{med}	80	73	68	66	66	62	58	61	61	68	76	79

Para simplificar se tomará el mes de enero por ser el más desfavorable, entonces:

$$T_{med} : 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$HR_{med} : 80 \%$$

Condiciones interiores:

$$T_{med} : 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$HR_{med} : 55\%$$

Tabla de resistividades al vapor de agua (μ_n)

Material	Resistividad al vapor r_v (1)	
	MN s/g m	mmHg m ² día/g cm
Aire en reposo (cámaras)	5,5	0,004
Aire en movimiento (cámaras ventiladas)	0	0
Fábrica de ladrillo macizo	55	0,048
Fábrica de ladrillo perforado	36	0,031
Fábrica de ladrillo hueco	30	0,026
Fábrica de piedra natural	150-450	0,13-0,39
Enfoscados y revocos	100	0,087
Enlucidos de yeso	60	0,052
Placas de amianto-cemento	1,6-3,5	0,001-0,003
Hormigón con áridos normales o ligeros	30-100	0,026-0,086
Hormigón aireado con espumantes	20	0,017
Hormigón celular curado al vapor	77	0,06
Madera	45-75	0,039-0,065
Tablero aglomerado de partículas	15-60	0,013-0,052
Contrachapado de madera	1500-6000	1,30-5,20
Hormigón con fibra de madera	15-40	0,013-0,035
Cartón-yeso, en placas	45-60	0,039-0,052
AISLANTES TERMICOS		
Aglomerado de corcho UNE 56.904	92	0,08
Espuma elastomérica	48000	41,6
Fibra de vidrio (2)	9	0,007
Lana mineral: Tipos I y II	9,6	0,008
Tipos III, IV y V	10,5	0,009
Perlita expandida	0	0
Poliestireno expandido UNE 53.310:		
Tipo I	138	0,12
Tipo II	161	0,14
Tipo III	173	0,15
Tipo IV	207	0,18
Tipo V	253	0,22
Poliestireno extrusionado	523-1047	0,45-0,90
Poliétileno reticulado	9600	8,33
Poliisocianurato, espuma de	77	0,06
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de:		
Tipo I	96	0,083
Tipo II	127	0,111
Tipo III	161	0,142
Tipo IV	184	0,166
Poliuretano aplicado <i>in situ</i> , espuma de:		
Tipo I	76	0,066
Tipo II	82	0,071
Urea formaldehído, espuma de	20-30	0,017-0,026

(1) Es el inverso de la permeabilidad al vapor d_v .

(2) Cualquier tipo sin incluir protecciones adicionales que pudieran constituir barrera de vapor.

Cerramiento 1: Fachada recubrimiento caravista

Material	Espesor (mm)	Factor resistencia vapor μ_n	$S_d=e*\mu_n$	Resistencia térmica (m^2K/W)	Temperatura ($^{\circ}C$)	Presión saturación (Pa)	Presión vapor (Pa)
Exterior					4.5	841.900356	673.52028
Superficie exterior				0.04	4.823590814	861.186973	673.52028
Ladrillo caravista	115	10	1.15	0.234693878	6.721932081	982.379331	771.92214
Poliuretano proyec	30	150	4.5	1.153846154	16.05491423	1823.66244	1156.9729
Cámara de aire	50	1	0.05	0.18	17.51085944	2000.23788	1161.2512
Ladrillo hueco	70	10	0.7	0.142857143	18.66637152	2150.85715	1221.148
Yeso	15	50	0.75	0.034883721	18.94853145	2189.10977	1285.3231
Superficie interior				0.13	19.05368304	2203.51673	1285.3231
Interior					20	2336.95111	1285.3231
Total			7.15	1.916280895			

Las presiones de vapor están por debajo de las presiones de saturación; por lo tanto, no habrá problemas de condensaciones intersticiales.

Cerramiento 2: Suelo terraza

Material	Espesor (mm)	Factor resistencia vapor μ_n	$S_d=e*\mu_n$	Resistencia térmica (m^2K/W)	Temperatura ($^{\circ}C$)	Presión saturación (Pa)	Presión vapor (Pa)
Exterior					4.5	841.900356	673.5203
Superficie exterior				0.04	5.059334	875.481978	673.5203
Terrazo	30	80	2.4	0.026086957	5.205247	884.434324	715.2935
Mortero agarre	20	60	1.2	0.017241379	5.301684	890.395311	736.18
Fibra de vidrio	80	10	0.8	2.352941176	18.46248	2123.58101	750.1044
Bovedilla hormigón	300	100	30	0.2	19.58115	2277.04457	1272.269
Yeso	15	50	0.75	0.034883721	19.77627	2304.78211	1285.323
Superficie interior				0.1	19.856	2385.94073	1285.323
Interior					20	2336.95111	1285.323
Total			35.15	2.771153233			

Las presiones de vapor están por debajo de las presiones de saturación; por lo tanto, no habrá problemas de condensaciones intersticiales.

Cerramiento 3: Paredes laterales

Material	Espe sor (mm)	Factor resistenc ia vapor μ_n	$S_d=e*\mu_n$	Resistencia térmica (m^2K/W)	Temperatura ($^{\circ}C$)	Presión saturación (Pa)	Presión vapor (Pa)
Exterior					4.5	841.90036	673.52028
Superficie exterior				0.13	5.87092109	926.30818	673.52028
Cemento y arena	20	20	0.4	0.02	6.03269278	936.74447	702.75817
Cámara de aire	20	1	0.02	0.017	6.17019872	945.69664	704.22007
Poliestireno extruido	40	150	6	1	14.2587832	1624.7591	1142.7884
Ladrillo macizo	120	10	1.2	0.137931	15.3744498	1745.9305	1230.5021
Yeso	15	50	0.75	0.03488372	15.6566097	1777.8028	1285.3231
Superficie interior				0.13	16.7081257	1901.1175	1285.3231
Interior					20	2336.9511	1285.3231
Total			8.37	1.46981472			

Las presiones de vapor están por debajo de las presiones de saturación; por lo tanto, no habrá problemas de condensaciones intersticiales.

Cerramiento 4: Pared salón-garaje

Material	Espe sor (mm)	Factor resistenc ia vapor μ_n	$S_d=e*\mu_n$	Resistencia térmica (m^2K/W)	Temperatura ($^{\circ}C$)	Presión saturación (Pa)	Presión vapor (Pa)
Exterior					4.5	841.90036	673.52028
Superficie exterior				0.13	5.87092109	926.30818	673.52028
Yeso	15	50	0.75	0.02	6.08183203	939.93501	728.34133
Ladrillo hueco	45	10	0.45	0.017	6.26110633	951.65639	761.23395
Poliuretano proyectado	30	150	4.5	1	16.8066532	1913.0471	1090.1602
Ladrillo hueco	45	10	0.45	0.137931	18.261211	2096.9525	1123.0528
Yeso	15	50	0.75	0.03488372	18.6290789	2145.8454	1177.8739
Superficie interior				0.13	19.8156663	2310.4189	1285.3231
Interior					20	2336.9511	1285.3231
Total			6.9	1.46981472			

Las presiones de vapor están por debajo de las presiones de saturación; por lo tanto, no habrá problemas de condensaciones intersticiales.

Cerramiento 5: Techo garaje

Material	Espesor (mm)	Factor resistencia vapor μ_n	$S_d=e*\mu_n$	Resistencia térmica (m ² K/W)	Temperatura (°C)	Presión saturación (Pa)	Presión vapor (Pa)
Exterior					10	1227.3099	981.84788
Superficie exterior				0.17	11.4551325	1352.2334	981.84788
Yeso	15	50	0.75	0.03488372	11.7537233	1379.206	994.42952
Bovedilla hormigón	300	100	30	0.2	13.4656438	1543.1655	1497.6948
Mortero de cemento	40	20	0.8	0.03448276	13.7608026	1573.0995	1511.1152
Poliestireno expandido	30	150	4.5	1.15384615	23.6372674	2917.8671	1586.605
Parquet	10	42	0.42	0.04761905	24.0448675	2990.218	1593.6507
Superficie interior				0.17	25.3634773	3235.1106	1285.3231
Interior					20	2336.9511	1285.3231
Total			36.47	1.81083168			

Las presiones de vapor están por debajo de las presiones de saturación; por lo tanto, no habrá problemas de condensaciones intersticiales.

Cerramiento 6: Cubierta

Material	Espesor (mm)	Factor resistencia vapor μ_n	$S_d=e*\mu_n$	Resistencia térmica (m ² K/W)	Temperatura (°C)	Presión saturación (Pa)	Presión vapor (Pa)
Exterior					10	1227.3099	981.84788
Superficie exterior				0.1	10.556069	1273.7958	981.84788
Fibra de vidrio	80	12	0.96	2.35294118	18.9973439	2195.7873	997.95237
Bovedilla hormigón	300	100	30	0.2	19.7148523	2296.0199	1501.2177
Yeso	15	50	0.75	0.03448276	19.8385606	2313.6998	1513.7993
Superficie interior				0.1	19.9780125	2333.7724	1285.3231
Interior					20	2336.9511	1285.3231
Total			31.71	2.78742394			

Las presiones de vapor están por debajo de las presiones de saturación; por lo tanto, no habrá problemas de condensaciones intersticiales.

FICHAS JUSTIFICATIVAS DE LA OPCIÓN SIMPLIFICADA

FICHA 1: Cálculo de los parámetros característicos medios.

ZONA CLIMÁTICA		D1	Zona de baja carga interna ■		Zona de alta carga interna □	
MUROS (UMm) y (UTm)						
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)		Resultados
z	M1, fachada caravista	18.23	0.52	9.4796		ΣA=63.34 ΣA*U=33.5341 UMm=ΣA*U/ΣA=0.529
	M2, pared salón-garaje	19.91	0.55	10.9505		
w	M2, paredes laterales	60.23	0.57	34.3311		ΣA=60.23 ΣA*U=34.3311 UMm=ΣA*U/ΣA=0.57
o	M2, paredes laterales	69	0.57	39.33		ΣA=69 ΣA*U=39.33 UMm=ΣA*U/ΣA=0.57
s	M1, fachada caravista	25.2	0.52	13.104		ΣA=25.2 ΣA*U=13.104 UMm=ΣA*U/ΣA=0.529

SUELOS (USm)						
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)		Resultados
Suelo planta baja		49.25	0.5	24.625		ΣA=25.2 ΣA*U=13.104 USm=ΣA*U/ΣA=0.529
Suelo planta 1- techo garaje		19.76	0.47	9.2872		

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS (UCm, FLm)						
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)		Resultados
Cubierta tejado		45.32	0.34	15.4088		ΣA=28.02 ΣA*U=23.581 UCm=ΣA*U/ΣA=0.347
Techo planta 1 con terraza		22.7	0.36	8.172		

HUECOS (UHm, FHm)							
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	A*U(W/°K)		Resultados	
z	Ventanas planta 1 y 2	9	3.35	30.15		ΣA=11.2 ΣA*U=33.516 UHm=ΣA*U/ΣA=2.993	
	Puerta entrada	2.2	1.53	3.366			
Tipos		A(m ²)	U(W/m ² K)	F	A*U(W/K)	A*F(m ²)	Resultados
s	Planta baja	8.4	3.346	0.4973	28.1064	4.17732	ΣA=14.26 ΣA*U=47.744 UHm=ΣA*U/ΣA=3.348 ΣA*F=7.1805 FHm=ΣA*F/ΣA=0.504
	Planta primera	3	3.358	0.5326	10.074	1.5977	
	Planta segunda	2.86	3.344	0.4914	9.56384	1.40547	

FICHA 2 CONFORMIDAD- Demanda energética

ZONA CLIMÁTICA	D1	Zona de baja carga interna <input checked="" type="checkbox"/>	Zona de alta carga interna <input type="checkbox"/>
-----------------------	-----------	---	--

Cerramientos y particiones interiores de la envolvente térmica	U_{máx(proyecto)}		U_{máx}
Muros de fachada	0.52	<=	0.86
Primer metro del perímetro de suelos apoyados y muros en contacto	0.5		
Particiones interiores en contacto con espacios no habitables	0.57		
Suelos	0.5	<=	0.64
Cubiertas	0.36	<=	0.49
Vidrios de huecos y lucernarios	3.4	<=	3.5
Marcos de huecos y lucernarios	3.2	<=	3.5

MUROS DE FACHADA		
	U_{Mm}	U_{Mlim}
N	0.52	<= 0.66
E	0.57	
O	0.57	
S	0.52	

HUECOS				
	U_{Hm}	U_{Hlim}	F_{Hm}	F_{Hlim}
N	2.99	<= 3		
S	3.35	<= 3.5	0.5	<= 0.57

SUELOS		
	U_{Sm}	U_{Slim}
	0.49	<= 0.49

CUBIERTAS Y LUCERNARIOS					
	U_{Cm}	U_{Clim}	F_{Lm}	F_{Llim}	
	0.346	<= 0.38	N/A	<= N/A	

FICHA 3 CONFORMIDAD - Condensaciones

CERRAMIENTOS, PARTICIONES INTERIORES, PUENTES TERMICOS								
Tipos	C. Superficiales		Condensaciones intersticiales					
	$f_{Rsi} \geq f_{Rmin}$		$P_n \leq P_{sat,n}$	Capa 1	Capa 2	Capa 3	Capa 4	Capa 5
Fachada caravista	f_{Rsi}	0.87	$P_{sat,n}$	982.379	1823.662	2000.238	2150.857	2189.11
	f_{Rmin}	0.62	P_n	771.922	1156.973	1161.251	1221.148	1285.323
Suelo terraza	f_{Rsi}	0.91	$P_{sat,n}$	884.434	890.3953	2123.581	2277.045	2304.782
	f_{Rmin}	0.62	P_n	715.294	736.18	750.1044	1272.269	1285.323
Paredes laterales	f_{Rsi}	0.86	$P_{sat,n}$	936.744	945.6966	1624.759	1745.931	1777.803
	f_{Rmin}	0.62	P_n	702.758	704.2201	1142.788	1230.502	1285.323
Pared salón-garaje	f_{Rsi}	0.86	$P_{sat,n}$	939.935	951.6564	1913.047	2096.953	2145.845
	f_{Rmin}	0.62	P_n	728.341	761.234	1090.16	1123.053	1177.874
Techo garaje	f_{Rsi}	0.88	$P_{sat,n}$	1379.21	1543.166	1573.1	2917.867	2990.218
	f_{Rmin}	0.62	P_n	994.43	1497.695	1511.115	1586.605	1593.651
Cubierta	f_{Rsi}	0.92	$P_{sat,n}$	2195.79	2296.02	2313.7		
	f_{Rmin}	0.62	P_n	997.952	1501.218	1513.799		
Suelo planta baja	f_{Rsi}	0.88	$P_{sat,n}$					
	f_{Rmin}	0.62	P_n					

E.8. DEMANDA ENERGÉTICA

E.8.1. Condiciones de proyecto

Condiciones interiores:

Considerando la tabla adjunta, para lograr la neutralidad térmica en reposo, suponiendo un grado de vestimenta razonable ($clo=0,75$) y una velocidad relativa del aire en el interior menor de 0,10 m/s, la temperatura del proyecto interior será de 20°C y una humedad del 55%.

PMV	SENSACIÓN
3	MUY CALUROSO
2	CALUROSO
1	LIGERAMENTE CALUROSO
0	NEUTRALIDAD TÉRMICA
-1	FRESCO
-2	FRIO
-3	MUY FRIO

Vestimenta Clo ⁽¹⁾	Temperatura operativa ⁽²⁾ °C	Velocidad relativa del aire m/s							
		< 0,10	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	1,0
0,5	18	-2,01	-2,01	-2,17	-2,38	-2,70			
	20	-1,41	-1,41	-1,58	-1,76	-2,04	-2,25	-2,42	
	22	-0,79	-0,79	-0,97	-1,13	-1,36	-1,54	-1,69	-2,17
	24	-0,17	-0,20	-0,36	-0,48	-0,68	-0,83	-0,95	-1,35
	26	0,44	0,39	0,26	0,16	-0,01	-0,11	-0,21	-0,52
	28	1,05	0,98	0,88	0,81	0,70	0,61	0,54	-0,31
	30	1,64	1,57	1,51	1,46	1,39	1,33	1,29	1,14
1,0	16	-1,18	-1,18	-1,31	-1,43	-1,59	-1,72	-1,82	-2,12
	18	-0,75	-0,75	-0,88	-0,98	-1,13	-1,24	-1,33	-1,59
	20	-0,32	-0,33	-0,45	-0,54	-0,67	-0,76	-0,83	-1,07
	22	0,13	0,10	0,00	-0,07	-0,18	-0,26	-0,32	-0,52
	24	0,58	0,54	0,46	0,40	0,31	0,24	0,19	0,02
	26	1,03	0,98	0,91	0,86	0,79	0,74	0,70	0,58
	28	1,47	1,42	1,37	1,34	1,28	1,24	1,21	1,12
30	1,91	1,86	1,83	1,81	1,78	1,75	1,73	1,67	

(1) clo: resistencia térmica del vestido. (1 clo= 0,155 m²ΣK/W)

(2) Temperatura operativa: temperatura uniforme de un recinto negro imaginario en el que un ocupante intercambiaría la misma cantidad de calor por radiación y convección que en el ambiente real no uniforme. A efectos prácticos se puede calcular como el valor medio entre la temperatura radiante media y la temperatura del aire.

(3) Velocidad relativa del aire: velocidad del aire relativa al ocupante incluyendo los movimientos del cuerpo.
 $v_{rel} = 0,3 \sum (M - 1)$, M expresado en met, siendo 1met= 58,2 W/m²

Tabla 1. Nivel de actividad 69,6 W/m² (1,2 met – 108,7 Kcal/hora)

Se debe estar en un índice PMV en torno a 0, que equivale al bienestar térmico (primera tabla)

Este dato es estadístico, y viene en función de la velocidad del aire, grado de actividad de las personas y nivel de vestimenta (clo).

Condiciones exteriores de proyecto:

Provincia	Estación	Indicativo
Navarra	Sartaguda (Automática)	9174X

UBICACIÓN: AISLADO
Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO

a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad
310	42°21'58"	02°03'09"W	79.780	13.299		

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)

TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)
-10,8	-2,8	-1,1	9,4	90,8	36,9

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)

TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
41,1	34,1	23,7	32,4	23,1	30,6	22,4	17,9

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)

TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)
23,9	23,9	22,8	22,8	22,0	22,0

VALORES MEDIOS MENSUALES

Mes	TA (°C)	TASOL (°C)	GD_15 (°C)	GD_20	GDR_20	RADH (kWh/m² día)	TTERR (°C)
Enero	5,7	7,6	252	389	0		
Febrero	6,8	8,8	210	336	0		
Marzo	10,5	12,9	141	267	2		
Abril	12,1	14,4	110	231	6		
Mayo	15,6	18,5	40	124	24		
Junio	21,0	23,2	8	52	79		
Julio	22,1	24,5	3	36	98		
Agosto	22,0	24,7	2	34	92		
Septiembre	18,5	21,5	15	76	38		
Octubre	14,9	17,6	47	139	9		
Noviembre	9,0	11,1	175	316	0		
Diciembre	6,0	7,8	269	417	0		

Fuente: Guía técnica condiciones exteriores de proyecto. RITE

<http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/CondicionesClimaticas.pdf>

Las condiciones para la realización del proyecto, localizado en Tudela, serán las mismas que las de Pamplona obtenidas de una tabla de los apuntes de la asignatura de climatización aunque este valor difiere del de la tabla siguiente sacada de internet.

Se trata de una vivienda de uso residencial, por lo que tomaremos la condición general, que marca una temperatura de proyecto exterior de $-4,7^{\circ}\text{C}$.

Para los espacios no habitables se supondrá una temperatura de 15°C .

E.8.2. Cálculo de la carga térmica del edificio

La carga calorífica viene dada por la diferencia entre pérdidas y ganancias de calor.

Las ganancias de calor provienen principalmente de, el aporte solar a través de las fachadas y ventanas principalmente y, el aporte interno producido por las propias personas, iluminación, hornos, etc.

Estas ganancias deben tenerse muy en cuenta en los diseños de refrigeración de la estancia, siendo menos importantes en diseños de calefacción, por lo que los descartaremos.

Las pérdidas de calor provienen principalmente de las pérdidas a través de los cerramientos y, por las renovaciones de aire o infiltraciones.

A las pérdidas por los cerramientos tendrán un incremento en función de: la orientación del cerramiento y las interrupciones en la marcha de la caldera.

Por falta de datos de carpintería de las ventanas es imposible calcular las infiltraciones, entonces tomaremos las renovaciones de aire establecidas en la norma.

Así pues la ecuación energética toma la siguiente forma:

$$Q_{\text{Tot}} = Q_T (1 + Z_{\text{IS}} + Z_{\text{O}}) + Q_V$$

donde

Q_{tot} : flujo de energía que debe suministrar el suelo radiante (W)

Q_T : flujo de energía perdida a través de los cerramientos (W)

$$Q_T = \sum (U_n * A_n * \Delta T)$$

siendo

U: transmitancia del cerramiento (W/m²K)

A : área del cerramiento (m²)

ΔT : incremento de las temperaturas interior y exterior

Z_{IS} : suplemento por interrupción del servicio (en tanto por 1)

Z_{O} : suplemento por orientación de los cerramientos (en tanto por 1)

Q_V : pérdidas por renovación del aire (W)

$$Q_V = \sum (N_n * V_n * \rho * c_p * \Delta T / 3.6)$$

siendo

N : número de renovaciones de aire por hora

N=1 salones, dormitorios, pasillos, ...

N=2 cocinas y baños

V : volumen del recinto (m³)

ρ : densidad del aire (Kg/m³)

c_p : calor específico del aire a presión constante (kJ/Kg K)

$c_p * \rho = 1,25$ (kJ/m³K)

ΔT : incremento de las temperaturas interior y exterior.

E.8.2.A. Cálculo de las pérdidas por plantas y habitaciones

PRIMERA: TOTAL FLUJO CALOR = 3210.93W

BAÑO									
TRANSMITANCIA							RENOVACIONES		TOTAL(W)
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	ΔT (°C)	Z _{is}	Z _o	Qn (W)	Volumen V (m ³)	N (renov/h)	
Paredes laterales	8.398	0.57	7	0.07	0	35.854	12.597	2	253.43582
Techo garaje-planta1	0.3	0.47	10	0.07	0	1.5087			
Qtransmit= 37.362							Qrenov= 216.074		

DORMITORIO 1									
TRANSMITANCIA							RENOVACIONES		TOTAL(W)
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	ΔT (°C)	Z _{is}	Z _o	Qn (W)	Volumen V (m ³)	N (renov/h)	
Fachada caravista	8.96	0.52	24.7	0.07	-0.05	117.38	59.02	1	1189.4808
Ventana	3	3.358	24.7	0.07	-0.05	253.8			
Paredes laterales	24.88	0.57	7	0.07	0	106.23			
Techo planta1-terrazza	22.7	0.36	24.7	0.07	-0.05	205.89			
Qtransmit= 683.3							Qrenov= 506.178		

DORMITORIO 2									
TRANSMITANCIA							RENOVACIONES		TOTAL(W)
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	ΔT (°C)	Z _{is}	Z _o	Qn (W)	Volumen V (m ³)	N (renov/h)	
Paredes laterales	17.81	0.57	7	0.07	0	76.036	44.525	1	769.09593
Fachada caravista	4.25	0.52	24.7	0.07	0.05	61.137			
Ventana	2.25	3.35	24.7	0.07	0.05	208.52			
Techo garaje-planta1	4.77	0.47	10	0.07	0	23.988			
Suelo planta1-calle	1.35	0.47	24.7	0.07	0.05	17.553			
Qtransmit= 387.23							Qrenov= 381.864		

DORMITORIO 3									
TRANSMITANCIA							RENOVACIONES		TOTAL(W)
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	ΔT (°C)	Z _{is}	Z _o	Qn (W)	Volumen V (m ³)	N (renov/h)	737.55364
Paredes laterales	14.69	0.57	7	0.07	0	62.716	38.194	1	
Fachada caravista	4.51	0.52	24.7	0.07	0.05	64.878			
Ventana	2.25	3.35	24.7	0.07	0.05	208.52			
Techo garaje-planta1	14.69	0.47	10	0.07	0	73.876			
Qtransmit= 409.99							Qrenov= 327.567		

DISTRIBUIDOR - HUECO ESCALERA									
TRANSMITANCIA							RENOVACIONES		TOTAL(W)
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	ΔT (°C)	Z _{is}	Z _o	Qn (W)	Volumen V (m ³)	N (renov/h)	261.36376
Paredes laterales	6.9	0.57	7	0.07	0	29.458	27.04	1	
Qtransmit= 29.458							Qrenov= 231.906		

PLANTA SEGUNDA: TOTAL FLUJO CALOR =1806.841W

BAÑO									
TRANSMITANCIA							RENOVACIONES		TOTAL(W)
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	ΔT (°C)	Z _{is}	Z _o	Qn (W)	Volumen V (m ³)	N (renov/h)	251.12117
Paredes laterales	8.658	0.57	7	0.07	0	36.964	9.524	2	
Fachada caravista	2.86	0.52	24.7	0.07	-0.05	37.469			
Techo cubierta	3.663	0.34	10	0.07	0	13.326			
Qtransmit= 87.758							Qrenov= 163.363		

DORMITORIO 4									
TRANSMITANCIA							RENOVACIONES		TOTAL(W)
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia U (W/m ² K)	ΔT (°C)	Z _{is}	Z _o	Qn (W)	Volumen V (m ³)	N (renov/h)	1555.7197
Fachada caravista	7.8	0.52	24.7	0.07	-0.05	102.19	39.147	1	
Ventana	2.86	3.344	24.7	0.07	-0.05	240.95			
Fachada caravista	9.02	0.52	24.7	0.07	0.05	129.76			
Ventana	4.5	3.35	24.7	0.07	0.05	417.03			
Paredes laterales	39.44	0.57	7	0.07	0	168.39			
Techo cubierta	44.44	0.34	10	0.07	0	161.66			
Qtransmit= 1220									Qrenov= 335.74

En total la carga térmica del edificio entero asciende a 8610,9 W.

Está no es la potencia final de la caldera ya que a demás de la demanda de ACS ya calculada y el rendimiento de la propia caldera, hay que tener en cuenta las pérdidas energéticas entre los tubos de agua internos y el suelo, es decir, “el rendimiento” del suelo radiante. Estas pérdidas se calcularán a continuación.

E.9. TEMPERATURA MÁXIMA DEL SUELO

En la calefacción por suelo radiante la superficie emisora de calor es el propio suelo del recinto.

Por motivos de salud, debido a que el calor se transmite desde el suelo, la temperatura de éste no debe superar los 29°C, ya que se han descrito problemas principalmente de circulación en las piernas del usuario a temperaturas superiores, aunque otras fuentes recomiendan como lo ideal no superar los 27°C.

Sabiendo las pérdidas en cada habitación del edificio se va a calcular la temperatura necesaria del suelo en cada una, para ello disponemos de unas tablas de la casa Roth que dan la temperatura del suelo en función de la carga térmica emitida por metro cuadrado.

Esta tabla se basa en la siguiente fórmula:

$$Q = \alpha (T_i - T_s)$$

donde:

Q: carga térmica de la habitación por unidad de superficie, en (W/m²).

T_i: temperatura interior de diseño de cada habitación, en °C.

T_s: temperatura del suelo, en °C.

α: coeficiente de transmisión de calor del suelo, función de la convección y radiación, en (W/m²K).

La siguiente forma de nombrar las habitaciones no corresponderá con el número de circuitos, siendo este número mayor, ya que se recomienda distancias por circuito inferiores a 100 m, solamente se utilizará esta nomenclatura para su identificación en el ábaco del siguiente apartado (temperatura del agua de impulsión).

Temperatura del suelo en función de la emisión de calor

34	23,40	58	25,50	76	27,00	101	29,00
37	23,70	61	25,70	78	27,20	104	29,30
39	23,80	62	25,85	79	27,30	109	29,70
41	24,00	63	25,90	82	27,50	110	29,80
44	24,20	64	26,00	83	27,60	112	29,90
45	24,40	65	26,10	84	27,70	117	30,40
46	24,50	66	26,20	86	27,80	120	30,60
47	24,60	67	26,30	88	28,00	125	31,00
49	24,70	68	26,30	91	28,25	127	31,20
50	24,80	69	26,40	92	28,30	138	32,00
52	25,00	70	26,50	93	28,40	140	32,20
54	25,20	72	26,65	94	28,50	143	32,50
55	25,25	73	26,80	95	28,55	159	33,70
56	25,30	74	26,85	96	28,60	165	34,20
57	25,40	75	26,90	98	28,90	191	36,20

Fuente: Manual Técnico Suelo Radiante Roth.

PLANTA BAJA

C.1.1. BAÑO 1			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
155.167155	1.89	82.0990238	27.5

C.1.2. PASILLO-RECIBIDOR			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
422.040051	6.24	67.6346236	26.3

C.1.3. SALÓN-COCINA			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
3015.93416	43	70.1380036	26.5

PLANTA PRIMERA

C.2.1. DISTRIBUIDOR-HUECO ESCALERA			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
261.363756	3.5	74.6753587	26.85

C.2.2. BAÑO 2			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
253.435823	4.85	52.2548089	25

C.2.3. DORMITORIO 1			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
1189.4808	22.7	52.4000354	25

C.2.4. DORMITORIO 2			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
769.095926	17.125	44.910711	24.4

C.2.5. DORMITORIO 3			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
737.553637	14.69	50.2078718	24.8

PLANTA SEGUNDA

C.3.1. BAÑO 3			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
251.121166	3.663	68.5561468	26.35

C.3.2. DORMITORIO 4			
Q _{necesario} (W)	S _{radiante} (m ²)	Q/S (W/m ²)	T ^a suelo (°C)
1555.71971	39.15	39.7374127	23.8

Se cumple que en ninguna habitación o recinto se supera la temperatura de 29°C, solamente superando los 27°C en un recinto, el cual, a demás, es un baño, en los cuales no importa tanto una mayor temperatura del suelo que en los demás recintos ya que la permanencia de tiempo en ellos es por lo general despreciable al tiempo en los otros recintos.

E.10. TEMPERATURA DEL AGUA DE IMPULSIÓN

En el apartado anterior se ha calculado la temperatura del suelo para que suministre la demanda térmica necesaria en las peores condiciones climáticas.

Para dar al suelo la temperatura requerida el agua circulante por los serpentines tendrá que ir a una temperatura superior debido a la transmisión en la composición del suelo.

Esta temperatura de impulsión depende del salto térmico entre la ida y el retorno, la distancia de separación entre las tuberías del serpentín, temperatura interior de diseño, resistividad del pavimento, resistividad de la solera...

Por ello se dispone de un ábaco experimental facilitado por la marca Uponor, que relaciona todos estos parámetros.

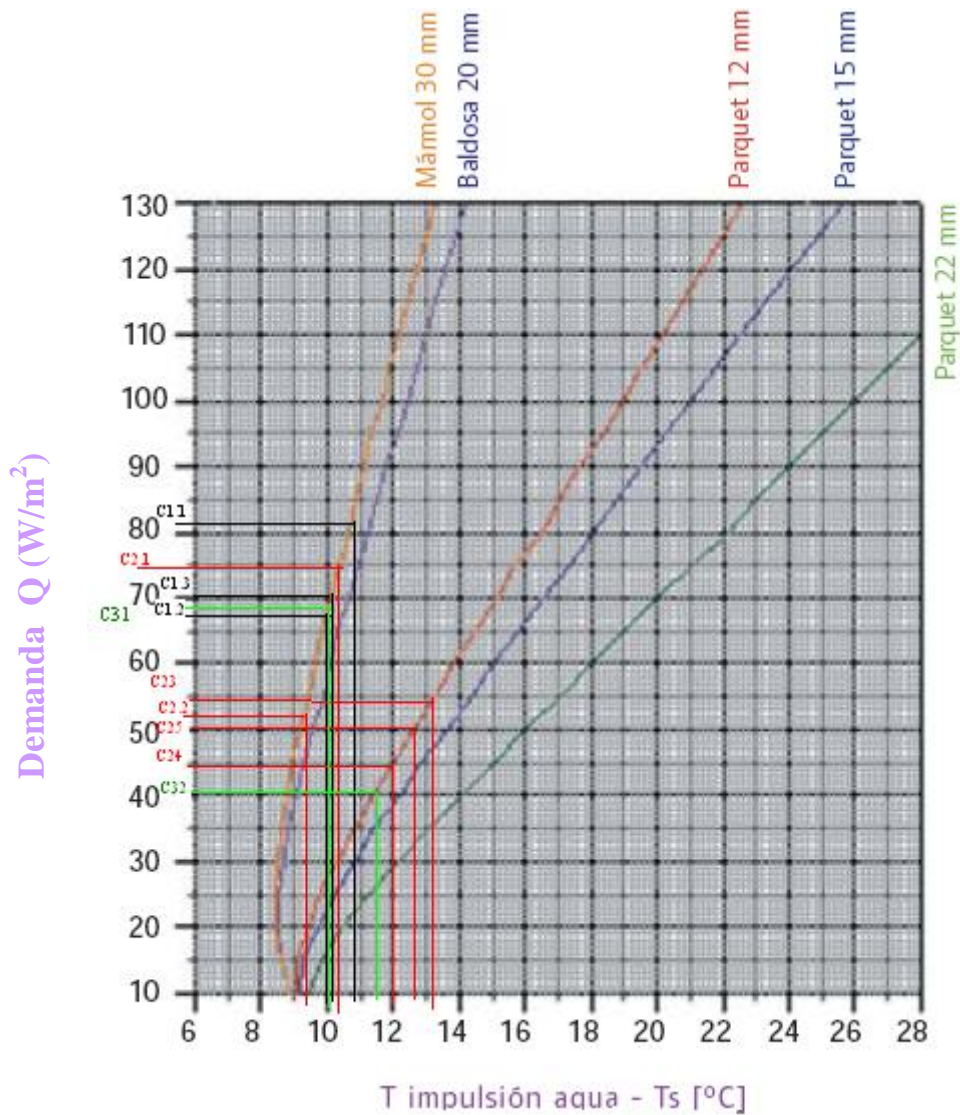
El siguiente ábaco es para una separación de los tubos del serpentín de 20 cm, que es el más recomendado.

Entraremos en la columna de la izquierda con la demanda térmica del recinto por metro cuadrado, trazaremos una horizontal hasta cortar a la línea curva correspondiente con la resistividad del pavimento y en la vertical obtenemos el valor correspondiente a la diferencia entre la temperatura del suelo y del agua de impulsión.

La temperatura de impulsión será el resultado de sumar este dato a la temperatura del suelo. Para asegurar la demanda a todos los recintos se tomará la mayor temperatura.

Disponemos de dos pavimentos diferentes, un parquet de poco espesor indicado para suelo radiante y mármol para los baños y planta baja.

Pavimento	Espesor [m]	Resistencia térmica [m ² ° C/W]	Pavimento	Espesor [m]	Resistencia térmica [m ² ° C/W]
Parquet	0,012	0,09	Baldosa	0,020	0,02
Parquet	0,015	0,11	Mármol	0,030	0,01
Parquet	0,022	0,16	Terrazo	0,015	0,01
Tarima	0,020	0,21	Mosaico	0,025	0,06
Corcho	0,010	0,14	Linóleo	0,002	0,01



El resultado obtenido corresponde a la diferencia entre la temperatura de impulsión del agua y la temperatura del suelo en cada correspondiente local.

Lo que nos interesa es la temperatura de impulsión, para ello sumaremos la temperatura obtenida en el ábaco a la temperatura del suelo de la habitación correspondiente.


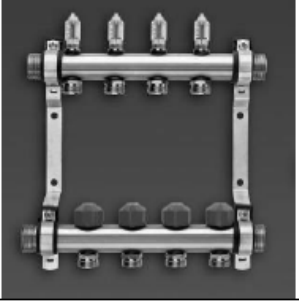
Habitación	R pavimento (m ² K/W)	T ^a suelo (°C)	Ti -T ^a suelo(°C)	Ti (°C)
BAÑO 1	Mármol 0,30 m ² K/W	27.5	10.4	37.9
RECIBIDOR	Mármol 0,30 m ² K/W	26.3	10	36.3
SALON-COCINA	Mármol 0,30 m ² K/W	26.5	10.1	36.6
BAÑO 2	Mármol 0,30 m ² K/W	25	9.7	34.7
DORMITORIO 1	Parquet 0,09 m ² K/W	25	13	38
DORMITORIO 2	Parquet 0,09 m ² K/W	24.4	12	36.4
DORMITORIO 3	Parquet 0,09 m ² K/W	24.8	12.7	37.5
DISTRIBUIDOR	Mármol 0,30 m ² K/W	26.85	10.2	37.05
BAÑO 3	Mármol 0,30 m ² K/W	26.35	10.1	36.45
DORMITORIO 4	Parquet 0,09 m ² K/W	23.8	11.5	35.3

La mayor temperatura corresponde al dormitorio 1, con una temperatura de 38°C. Así pues tomaremos como temperatura de impulsión una temperatura de 38°C, y una temperatura de retorno de 30°C, una temperatura media de 34°C.

E.11. POSICIÓN COLECTORES Y DISEÑO DE LOS CIRCUITOS

COLECTORES

- Se instalarán colectores de la casa Roth, modelo HKV con detentor de corte.
- Los colectores se colocarán preferiblemente en una misma columna en todas las plantas de tal forma que se ahorre tubería de distribución de la caldera a los colectores.
- Se situarán centrados respecto a la zona calefactada a la que dan servicio.
- En edificios de más de una planta se instalará al menos un colector por planta.
- En la planta baja se utilizará un colector de 4 circuitos, en la planta primera se utilizará un colector de 5 circuitos y en la segunda planta se utilizará un colector de 3 circuitos.

	HKV	HCV-CL
		
Material	Latón	
Número de circuitos	2 – 12	
Distancia entre circuitos	54mm	
Conexión a salida circuitos	3/4" Eurocono	
Conexión al colector	1" (macho)	
Presión max	6 bar	
Temperatura max	70° C	
Conexión para actuador	M30x1,5	
Caudal max	4 l/min	

TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

La longitud de la tubería de distribución dependerá de la localización de los colectores y de la caldera.

En los planos se muestra claramente la posición de los colectores.

En total la tubería de distribución tiene una longitud de 33 metros y su diámetro se calculará mas adelante cuando se sepa el caudal de agua necesario.

SERPENTINES

El diámetro de tubo de los serpentines recomendado es de 16 x 1,8 mm (diámetro nominal interior 12,4 mm, espesor paredes 1,8 y diámetro nominal exterior 16 mm) con un paso de 20 mm, salvo que las pérdidas de carga sean elevadas, en cuyo caso se utilizará un diámetro mayor, esto se comprobará mas adelante cuando sepamos el caudal de agua.

El tubo que se va a instalar es el de la marca Roth PE-xC EVOH con barrera de oxígeno para evitar la formación de burbujas en los serpentines, aumentando eficiencia térmica y oxido de partes metálicas de la instalación.

Se evitará que cualquier circuito supere los 100 metros para evitar pérdidas de carga grandes, lo que supondría mayor potencia de la bomba de impulsión.

También se evitarán circuitos de una longitud muy diferente a los del mismo colector por la dificultad en el equilibrado.

A continuación se calcula la longitud de cada circuito de serpentines:

La longitud de los serpentines dependerá del área a calefactor por cada circuito, del paso entre tubos y de la localización de colectores, para facilitar el cálculo de la longitud se utiliza la siguiente fórmula:

$$L=A/e + 2d$$

L=longitud del serpentín (m)

A: área a calefactar cubierta por el circuito (m²)

e: paso entre tubos (m)

d: distancia entre el área a calefactar y el colector de distribución (m)

Planta Baja:

Circuito	Habitación	A (m ²)	e (m)	d (m)	L (m)
c.1.1	Salón-cocina	14.5	0.2	1.38	75.26
c.1.2	Salón-cocina	14.5	0.2	0	72.5
c.1.3	Salón-cocina	14.5	0.2	1.12	74.74
c.1.4	Recibidor-baño1	7.8	0.2	3.7	46.4

Planta Primera:

Circuito	Habitación	A (m ²)	e (m)	d (m)	L (m)
c.2.1	Dormitorio 1	11.5	0.2	4	65.5
c.2.2	Dormitorio 1	10.58	0.2	4	60.9
c.2.3	Distribuidor-baño 2	9.5	0.2	2.5	52.5
c.2.4	Dormitorio 2	14.5	0.2	0	72.5
c.2.5	Dormitorio 3	14	0.2	3	76

Planta Segunda:

Circuito	Habitación	A (m ²)	e (m)	d (m)	L (m)
c.3.1	Dormitorio 4	14	0.2	1.75	73.5
c.3.2	Dormitorio 4	14	0.2	0	70
c.3.3	Dormitorio 4 - baño3	14	0.2	0.5	71

Como puede observarse se ha elegido una distribución de los circuitos que genera longitudes de serpentín similares para un mejor equilibrado posterior del sistema.

E.12. CAUDAL DE AGUA NECESARIO Y PÉRDIDA CARGA EN SERPENTINES

Cada circuito de calefacción necesita aportar una cantidad de calor a un determinado recinto.

Esta cantidad de calor la debe suministrar el agua a través de los serpentines y es función del salto térmico, de la demanda y del caudal de agua. Nuestro sistema de control funcionará a temperatura de impulsión constante y se basará en mantener el salto de temperaturas constante, por lo que el caudal de agua solo dependerá de la demanda térmica.

Se define en la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (T_i - T_r)$$

donde:

Q: demanda térmica del recinto (KW)

m: caudal de agua que circula por cada serpentín (l/s)

c_p: calor específico del agua (4198 KJ/Kg °C)

T_i: temperatura del agua en la tubería de impulsión (38°C)

T_r: temperatura del agua en la tubería de retorno. (30°C)

La demanda térmica será el resultado de multiplicar el calor por metro cuadrado anteriormente calculado por el área que cubre el circuito de calefacción.

Éste área es mayor que el área del recinto que calefacta dicho circuito ya que hay que tener en cuenta el área recorrida por la tubería del serpentín desde el colector hasta el área propia del recinto, $A_{\text{corregida}} = A + 2 \cdot d \cdot e$

En la siguiente tabla se muestran los distintos caudales para cada circuito, la suma de todos ellos será el caudal necesario en la tubería de distribución, con lo que podremos calcular su diámetro. Se observa que el colector elegido es compatible con el caudal de los circuitos.

Circuito	Recinto	Q (W/m2)	A (m2)	d (m)	A corregida(m2)	Q (W)	m (l/s)
c.1.1	Salón-cocina	70.138	14.5	1.38	15.052	1055.72	0.0314
c.1.2	Salón-cocina	70.138	14.5	0	14.5	1017	0.0303
c.1.3	Salón-cocina	70.138	14.5	1.12	14.948	1048.42	0.0312
c.1.4	Recibidor-baño1	70.575	7.8	3.7	9.28	654.936	0.0195
c.2.1	Dormitorio 1	52.4	11.5	4	13.1	686.44	0.0204
c.2.2	Dormitorio 1	52.4	10.58	4	12.18	638.232	0.019
c.2.3	Distribuidor-baño 2	61.487	9.5	2.5	10.5	645.614	0.0192
c.2.4	Dormitorio 2	44.911	14.5	0	14.5	651.21	0.0194
c.2.5	Dormitorio 3	50.208	14	3	15.2	763.162	0.0227
c.3.1	Dormitorio 4	39.737	14	1.75	14.7	584.134	0.0174
c.3.2	Dormitorio 4	39.737	14	0	14	556.318	0.0166
c.3.3	Dormitorio 4 - baño3	47.945	14	0.5	14.2	680.819	0.0203

El caudal total es 0,2674 litros por segundo, repartiéndose en cada planta de la siguiente forma:

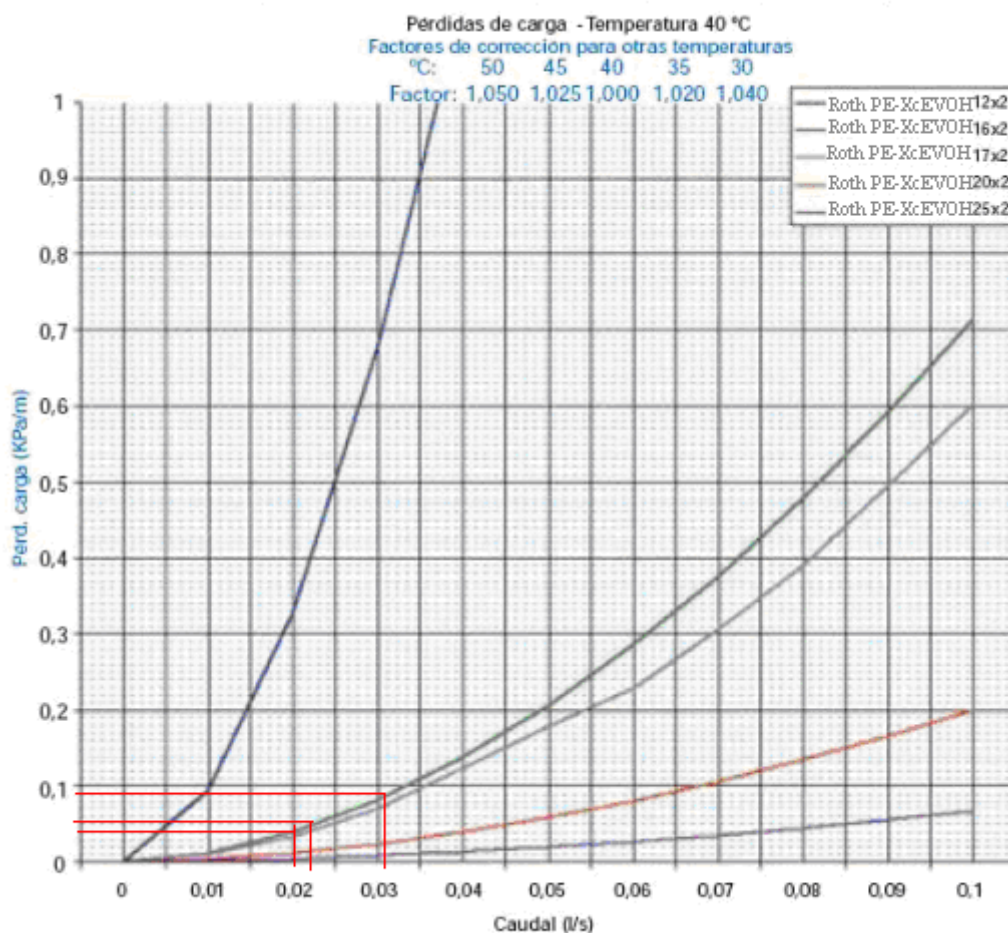
Planta baja: 0,1124 l/s
 Planta primera: 0,1008 l/s
 Planta segunda: 0,0542 l/s

Ahora que sabemos el caudal circulante por cada circuito de emisión (serpentín) podremos comprobar que el diámetro elegido cumple con las recomendaciones sobre límites de velocidad y de pérdida de carga.

La velocidad en los serpentines no interesa que sea superior a 2 m/s debido a problemas de ruido y fricciones.

La pérdida de carga se suele fijar en un valor máximo de 0,2 kPa por metro lineal de tubería (2 mbar/m) ó (20 mmca/m). Interesa que este valor sea lo más pequeño posible pues de él dependerá la potencia de la bomba de impulsión, para facilitar los cálculos se utiliza un ábaco facilitado por la casa de las tuberías ROTH cuyo componente teórico es el diagrama de Moody.

Al ábaco se entra con los datos del caudal de cada circuito y diámetro, obteniendo las pérdidas de carga por metro lineal, se muestra a continuación:



Se puede observar en la tabla anterior que tanto los valores de velocidad como de pérdida de carga están dentro de los límites establecidos.

Circuito	m (l/s)	v (m/s)	h (mmca/m)
c.1.1	0.031435	0.260305	9
c.1.2	0.030282	0.250759	8
c.1.3	0.031218	0.258506	9
c.1.4	0.019501	0.161485	4
c.2.1	0.020439	0.169253	4
c.2.2	0.019004	0.157367	4
c.2.3	0.019224	0.159187	4
c.2.4	0.01939	0.160567	4
c.2.5	0.022724	0.18817	5
c.3.1	0.017393	0.144028	3
c.3.2	0.016565	0.137169	3
c.3.3	0.020272	0.167867	4

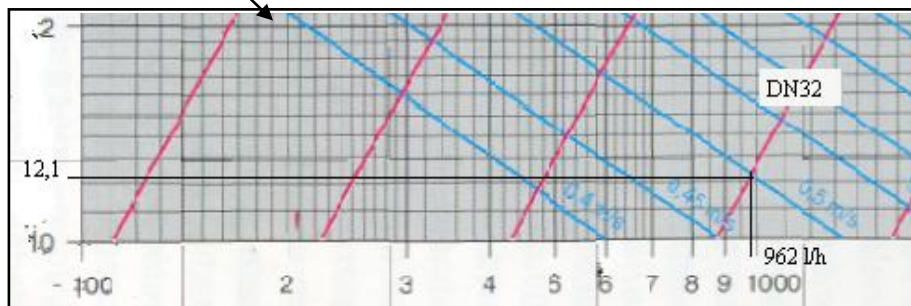
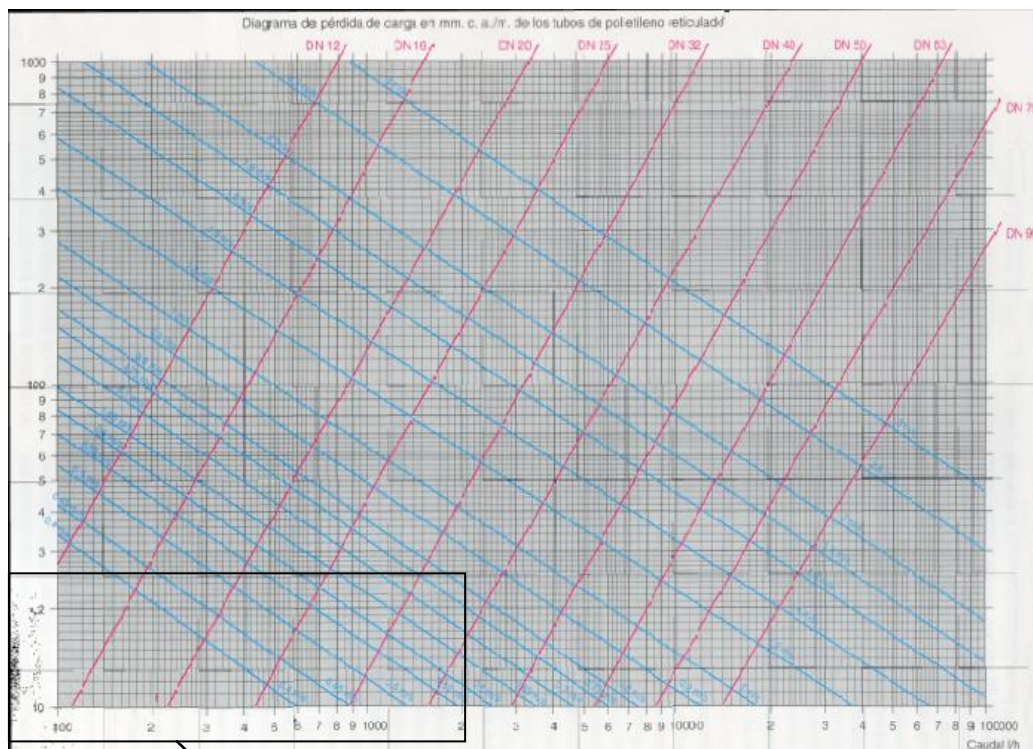
E.13. CÁLCULO TUBERÍA DISTRIBUCIÓN Y PÉRDIDA DE CARGA

La tubería de distribución es la encargada de conducir el agua caliente desde la caldera hasta los distintos colectores y del retorno de esta.

Los parámetros que intervienen en la elección del diámetro de la tubería son: el caudal necesario (calculado en el apartado anterior), la pérdida de carga admisible y la velocidad.

La pérdida de carga se suele fijar en un valor máximo de 0,2 kPa por metro lineal de tubería (2 mbar/m) ó (20 mmca/m). Interesa que este valor sea lo más pequeño posible pues de él dependerá la potencia de la bomba de impulsión.

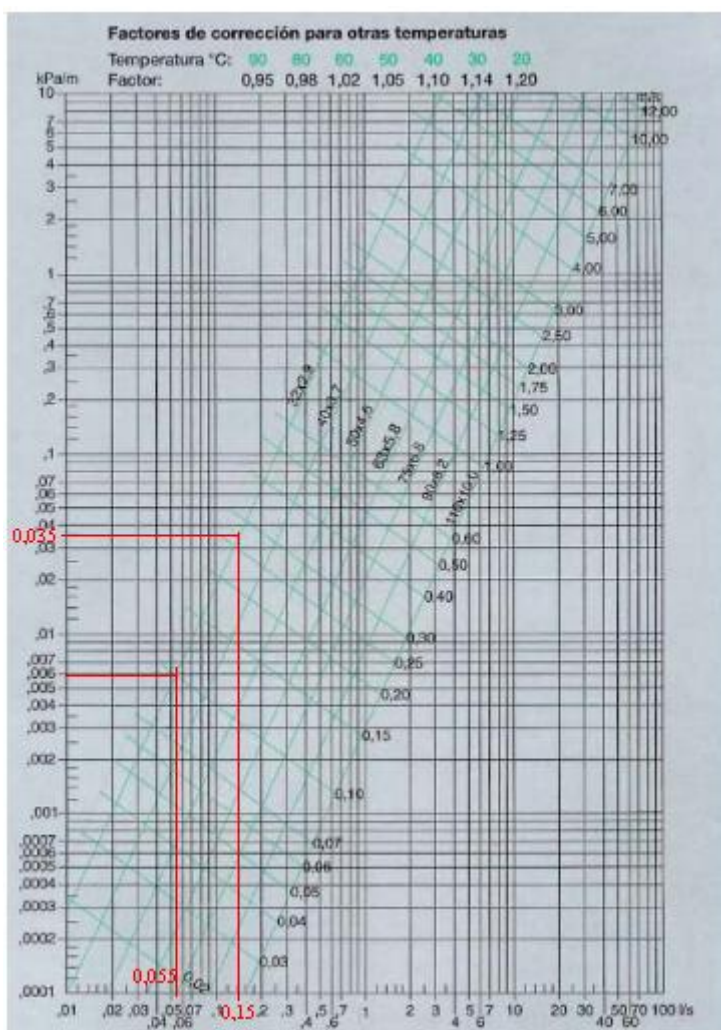
La velocidad en la tubería de distribución no interesa que sea superior a 2 m/s debido a problemas de ruido y fricciones.



Para el tramo que discurre entre la caldera y el colector uno por el que circula un caudal de 963 l/h se obtiene un diámetro de 32mm con unas **pérdidas de carga de 12,1mmca/m** y una velocidad de 0,5m/s ya que para un diámetro normalizado menor las pérdidas de carga aumentan considerablemente por encima de los 20mmca establecidos como límite.

Así pues, elegiremos la tubería de Roth PE-xC EVOH 32x3.

Para facilitar la instalación y debido a la corta distancia de la tubería utilizaremos el mismo diámetro para los tramos restantes (colector 2 y colector 3). A continuación se calcula las pérdidas de carga en dichos tramos con el siguiente ábaco.



Caudal tramo de colector 1 a colector 2: 0,155 l/s. Se obtiene una **pérdida de carga de 3,5 mmca/m**.

Caudal tramo de colector 2 a colector 3: 0,055 l/h. Se obtiene una **pérdida de carga de 0,6 mmca/m**.

E.14. PÉRDIDA DE CARGA DEL CIRCUITO Y BOMBA DE IMPULSIÓN

A continuación se calculan las pérdidas de carga en todos los circuitos posibles de calefacción.

A parte de las pérdidas primarias (H_{r1}) por rozamiento de las tuberías hay que tener en cuenta las pérdidas secundarias (H_{r2}) originadas por los distintos elementos hidráulicos (colectores, valvulería, codos, cambios de diámetro, etc.), así como las causadas por cualquier otro elemento del sistema hidráulico (H_{rx}).

Una vez conocidas las pérdidas de carga en cada circuito seleccionará la bomba de impulsión en función del caudal y de la altura de la bomba. La altura de la bomba será el resultado de sumar a la mayor pérdida de carga la diferencia de alturas entre la bomba y el colector más alto (colector 3), representado matemáticamente:

$$H_B = H_{RT\text{máx}} + (Z_{\text{colector3}} - Z_B)$$

Las pérdidas de carga cumplen la siguiente ecuación:

$$H_{RT} = H_{r1} + H_{r2} + H_{rx}$$

donde:

$$H_{r1} = \sum h_{1i} * L_i, \text{ pérdida de carga primaria.}$$

donde:

h_{1i} : pérdida de carga en el tramo de i , en mmca/m.

L_i : longitud en metros del tramo i .

$$H_{r2} = \sum (k_j * v^2) / 2g: \text{ pérdida de carga secundaria.}$$

donde:

k_j : coeficiente de pérdida de carga del correspondiente elemento hidráulico.

v : velocidad del agua en el tramo del correspondiente elemento.

g : aceleración de la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$)

H_{rx} : cualquier otro tipo de pérdida de carga, en nuestro caso será la del colector con el detentor de caudal totalmente abierto (valor de referencia), en el siguiente apartado en los circuitos de menor pérdida de carga éste valor aumentará hasta igualar las pérdidas de carga en todos los circuitos y quedando de esa forma equilibrados hidráulicamente todos ellos.

En la siguiente tabla se muestran las pérdidas de carga primarias:

Circuito	L serpentín (m)	h ₁ serpentín (mmca/m)	L tubería distribución (m)	h ₁ tubería distribución (mmca/m)	Hr ₁ (mmca)
c.1.1	75.26	9	15.4	12.1	863.68
c.1.2	72.5	8	15.4	12.1	766.34
c.1.3	74.74	9	15.4	12.1	859
c.1.4	46.4	4	15.4	12.1	371.94
c.2.1	65.5	4	7	3.5	472.84
c.2.2	60.9	4	7	3.5	454.44
c.2.3	52.5	4	7	3.5	420.84
c.2.4	72.5	4	7	3.5	500.84
c.2.5	76	5	7	3.5	590.84
c.3.1	73.5	3	10	0.6	437.34
c.3.2	70	3	10	0.6	426.84
c.3.3	71	4	10	0.6	500.84

Fuente: Cálculos propios pérdidas carga primarias

El circuito con mayor pérdida es el C.1.1 con una caída de presión de 864 mmca.

A continuación se calcula la mayor pérdida secundaria posible, es decir, la del recorrido de mayor velocidad, ya que todos los circuitos tienen los mismos elementos hidráulicos y por lo tanto la pérdida secundaria dependerá únicamente de la velocidad ya que su fórmula matemática es:

$$H_{r2} = \Sigma (k_j * v^2) / 2g$$

Elemento	Numero de elementos	Coficiente k	Velocidad (m/s)	hr ₂ (mca)
Válvula de corte	8	1	0.5	0.101937
Válvula anti retorno	2	2.5	0.5	0.06371
Codos 90°	6	0.75	0.5	0.057339
Conexiones en T	3	1.3	0.5	0.049694
Válvula 3 vías mezcladora	1	2	0.5	0.025484
Total Hr ₂				0.298165

La pérdida secundaria asciende a un total de 300 mmca.

La pérdida de carga total máxima es de 1164, entrando con este valor a la ecuación de la bomba obtenemos la altura de bomba necesaria:

$$H_B = H_{RT\text{máx}} + (Z_{\text{colector3}} - Z_B)$$

$$H_{RT\text{máx}} = 1,164 \text{ m}$$

$$Z_{\text{colector3}} - Z_B = 6,5 \text{ m}$$

$$H_B = 7,664 \text{ m}$$

$$Q_{\text{circuito}} = 0,963 \text{ m}^3/\text{h}$$

Con la altura de la bomba y el caudal elegimos la bomba necesaria, para ello seguimos el mismo procedimiento que en el cálculo de la bomba para el circuito solar de ACS:
En la primera ventana nos piden los datos de altura de la instalación, caudal, fluido,...

Calefacción > Viviendas > Suelo radiante > Top_Dom_FloorHeating

Caudal (Q): 0.963 m³/h Altura (H): 7.66 m
Presión de entrada mínima: 1.5 bar

Líquido bombeado: Agua de calefacción

Sus requisitos

- Caudal (Q): 0.963 m³/h
- Altura (H): 7.66 m
- Líquido bombeado: Agua de calefacción
- Temperatura mínima del líquido: 30 °C
- Temperatura del líquido en trabajo: 34 °C
- Temperatura máxima del líquido: 38 °C
- Presión máxima de trabajo: [seleccionable] bar
- Presión de entrada mínima: 1.5 bar
- Caudal min. permitido: 1.0 %

En la segunda ventana nos pide el consumo de calefacción (días de utilización, grado de funcionamiento,...)

Edite el Perfil de Carga

Perfil de consumo: Explotación estándar

Temporada de calefacción: 210 days

Funcionamiento nocturno:

Punto de trabajo	Caudal	Q	Horas
1	100.0 %	1 m ³ /h	302 h/a
2	75.0 %	0.7 m ³ /h	756 h/a
3	50.0 %	0.5 m ³ /h	1764 h/a
4	25.0 %	0.2 m ³ /h	2218 h/a
5	%	m ³ /h	0 h/a

En la segunda ventana nos piden las condiciones eléctricas de funcionamiento de la bomba. Se introdujeron las que venían por defecto.

Condiciones de funcionamiento

Frecuencia 50 60 Hz

Fase 1 or 3 1 3

Tipo de arranque trifásico


Límite min. de potencia para arranque est./triang. kW


tension V

Temperatura ambiente °C

En la tercera ventana piden datos para optimizar la búsqueda en función del consumo energético de la bomba, del coste, etc. Nosotros le pedimos que el criterio de elección se haga en función del precio de la bomba y de los costes de energía, para un periodo de 20 años.

Ajustes de la lista de selección

Limitar la búsqueda a .. 

incluye bomba particular en lista 

Número max. por grupo de productos

Número máximo de resultados

Criterio de evaluación

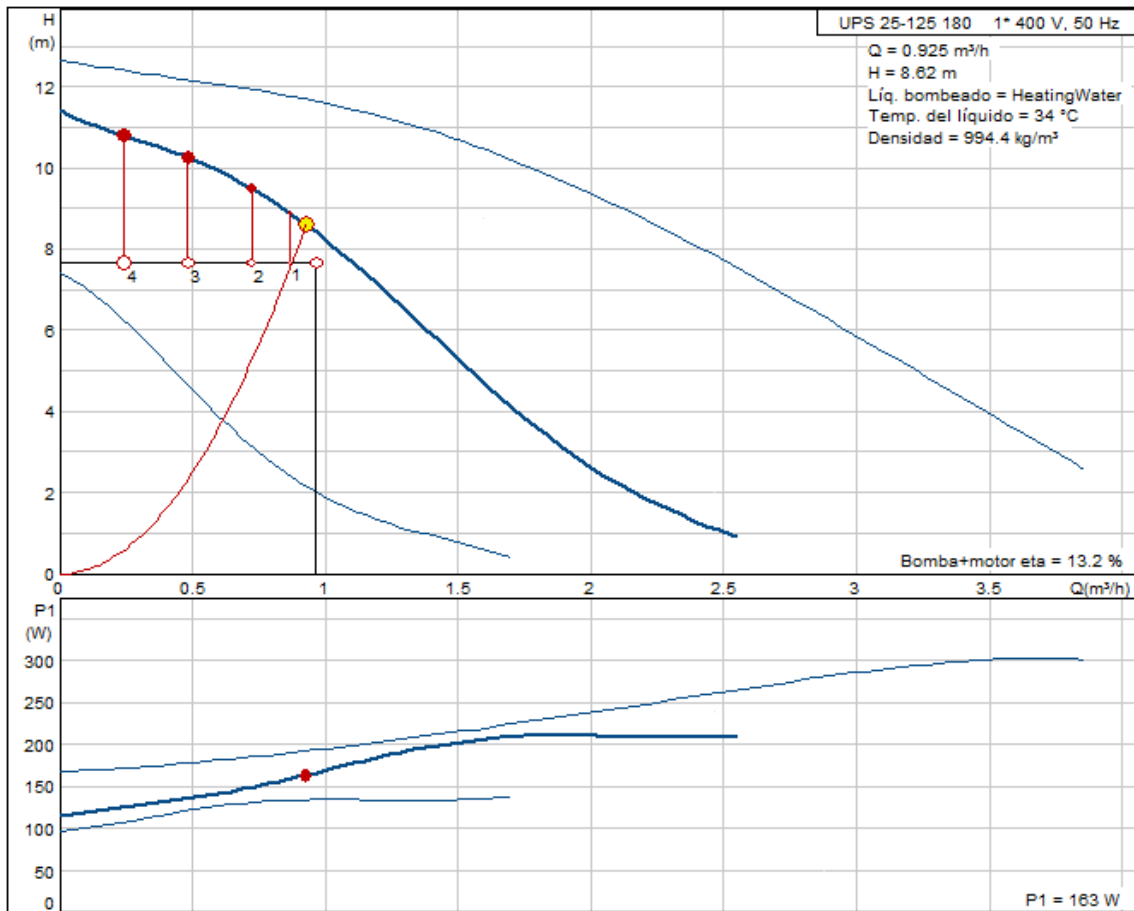
Precio de energía €

Incremento del precio de la energía %

Interés

Periodo de cálculo years

Nos da como resultado más óptimo la misma bomba que para el circuito primario solar, a continuación se pueden ver las curvas de funcionamiento del programa de la marca Grundfos.



Se observa que el caudal con esta bomba es un 4% inferior al teórico calculado, no obstante para no sobredimensionar el sistema en exceso se elige esta bomba ya que el porcentaje es aceptable.

E.15. COMPENSACIÓN HIDRAÚLICA SERPENTINES

Como hemos visto en el apartado anterior los circuitos emisores (serpentines) tienen diferente pérdida de carga unos respecto a otros, por lo tanto el agua tenderá a fluir por el serpentín de menor pérdida de carga dando lugar a una mala distribución del calor.

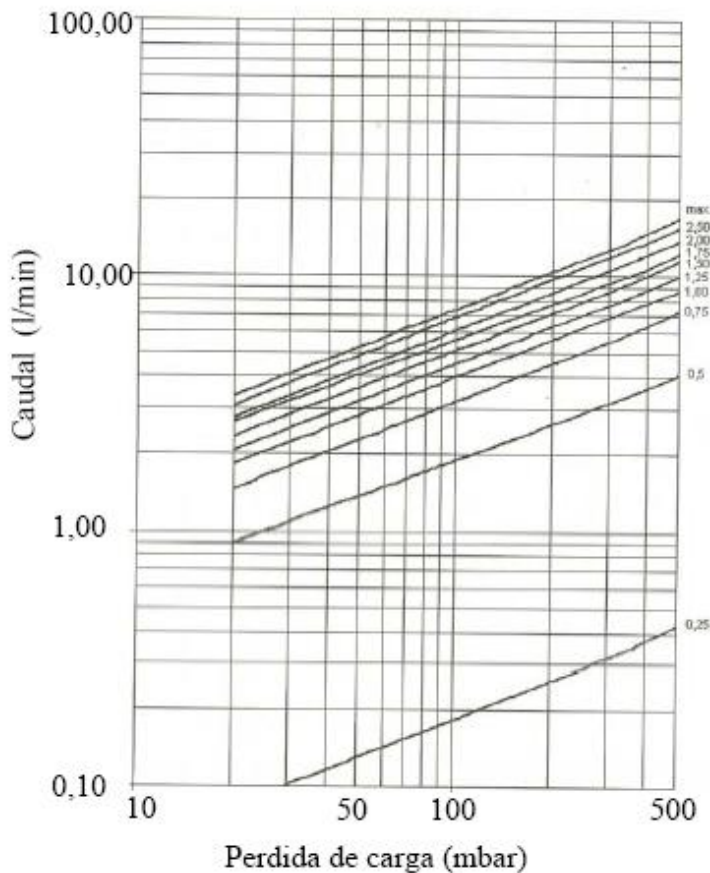
Para evitar esto y conseguir que en cada serpentín circule el caudal calculado hay que compensar los circuitos haciendo que la pérdida de carga sea la misma en todos los circuitos.

Para ello aumentaremos las pérdidas en los circuitos hasta igualarla a la del circuito con mayor pérdida de carga, en nuestro caso el circuito c.1.1 será el de referencia.

En la práctica esto se consigue girando la llave del detentor que llevan los colectores de impulsión, el cual crea un incremento de la pérdida de carga según la posición de la llave del detentor calculado por el fabricante. Dejaremos la del circuito de referencia totalmente abierta.

En la siguiente imagen se muestra el ábaco del fabricante en el cual entramos con los datos del caudal y de incremento de la pérdida de carga para obtener la posición de la llave del detentor.

Gráfica de pérdida de carga según el número de vueltas del detentor



En la siguiente tabla se muestra la posición de la llave del detentor:

Circuito	Caudal (l/min)	Hr1 (mmca)	Δ Hr1 (mmca)	Δ Hr1 (mbar)	Posición detentor
c.1.1	1.88610739	863.68	0	0	abierto
c.1.2	1.81693842	766.34	97.34	9.734	1,5
c.1.3	1.87307556	859	4.68	0.468	abierto
c.1.4	1.17008576	371.94	491.74	49.174	0,5
c.2.1	1.2263697	472.84	390.84	39.084	0,5
c.2.2	1.14024297	454.44	409.24	40.924	0,5
c.2.3	1.1534305	420.84	442.84	44.284	0,5
c.2.4	1.16342812	500.84	362.84	36.284	0,75
c.2.5	1.36343783	590.84	272.84	27.284	1
c.3.1	1.0435932	437.34	426.34	42.634	0.75
c.3.2	0.99389828	426.84	436.84	43.684	0.75
c.3.3	1.21632742	500.84	362.84	36.284	0.5

E.16. VASO EXPANSIÓN

Para la determinación del volumen del vaso de expansión necesitamos en primer lugar conocer el volumen de agua dilatada por efecto del calor que se producirá en el circuito cerrado, para lo cual necesitamos los siguientes datos:

Vu : Cantidad de agua dilatada. $V_u = V_t * C_d$.

Vt : Contenido total de agua en la instalación.

Tm : Temperatura media del agua en la instalación $T_m = (T_{ida} + T_{retorno}) / 2$.

Pe : Presión estática o diferencia del nivel en metros, entre el punto más alto de la instalación y el vaso.

Pf : Presión máxima de trabajo (coincide con el valor máximo en la válvula de seguridad)

Cd : Coeficiente de dilatación.

Vv : Capacidad del vaso, $V_v = V_u / F_p$.

Fp : Factor de presión en función de la presión absoluta inicial y la presión absoluta final, $F_p = 1 - (P_{ai} / P_{af})$.

Las tablas siguientes se han elaborado en base a estos datos y usando las fórmulas aquí descritas.

Tabla de coeficientes de expansión o dilatación del agua:

10°C	0,027%	60 °C	1,71 %
20°C	0,177%	70 °C	2,27 %
30°C	0,435%	80 °C	2,90 %
40°C	0,782%	90 °C	3,59 %
50°C	1,210%	100°C	4,34%

Cuando el volumen resultante se encuentra entre dos capacidades se ha de elegir el inmediato superior.

Si en lugar de conocer el volumen de la instalación conocemos la capacidad calorífica podremos calcular el volumen correspondiente según la fórmula:

$$\text{Vol (litros)} = 0,012 * \text{Kcal / h de la instalación}$$

$$864 \text{ Kcal} = 1 \text{ Kwh}$$

Cálculo:

Volumen del agua en la instalación: 150 l

Circuito serpentín	L serpentín (m)	V serpentines (l)	L Tubería distribución (m)	V tubería distribución (l)	V bomba (l)	V colectores (l)			
c.1.1	75.26	9.08860995	33	17.52	3	1.7			
c.1.2	72.5	8.75530457							
c.1.3	74.74	9.02581329							
c.1.4	46.4	5.60339492							
c.2.1	65.5	7.90996482				1.9			
c.2.2	60.9	7.35445584							
c.2.3	52.5	6.34004813							
c.2.4	72.5	8.75530457							
c.2.5	76	9.17797444							
c.3.1	73.5	8.87606739					1.5		
c.3.2	70	8.45339751							
c.3.3	71	8.57416033							
Total		97.9144958					17.52	3	5.1

Aumentaremos el volumen de agua con un coeficiente de seguridad.

Temperatura de ida: 38° C

Temperatura de retorno: 30° C

Altura estática: 6,5 m

Presión de trabajo: 3 bar

$P_{ai} = \text{Altura estática}/10 + \text{Presión inicial}$

Factor de presión $F_p = 1 - (P_{ai} / P_{af}) = 1 - (0.65 + 3 / 9) = 0,375$

$T_m = (90 + 70) / 2 = 34^\circ$

$C_d (34^\circ) = 0,6 \%$

Volumen útil del vaso $V_u = V_t * C_d = 150 * 0,006 = 9$ litros.

Capacidad del vaso $V_v = V_u / F_p = 9 / 0,375 = 24$ litros

Tendremos que elegir el vaso de volumen inmediatamente superior, en este caso coincide que la marca Ibaondo tiene un modelo de justo el volumen necesario, por lo tanto elegimos el vaso de la casa **Ibaondo tipo 24 AMR-E-B de 24 litros.**

E.17. CALDERA E INSTALACIÓN DE GAS

La caldera debe ser capaz de aportar la energía suficiente para el consumo de ACS sin ayuda solar y para el circuito de calefacción en las condiciones más desfavorables.

Con el fin de ahorrar espacio y reducir costes la misma caldera deberá tener tomas para el ACS y la calefacción, de esta forma no necesitaremos dos calderas independientes.

La caldera será de gas natural por ser el combustible fósil menos contaminante durante su quema y también uno de los más económicos.

La potencia de la caldera será el resultado de sumar la demanda energética de ACS y de calefacción multiplicada por el rendimiento de la caldera y un rendimiento para suplir las pérdidas de calor en la distribución de las tuberías.

Así pues la potencia necesaria será:

$$P_{\text{útil}} = (P_{\text{ACS}} + P_{\text{calefacción}}) \cdot \eta_c \cdot \eta_d$$

P_{ACS} = Capacidad de calentar 13 l/minuto con un salto de 25°C (24 Kw)

$P_{\text{calefacción}}$ = 8611 W

η_c = 0,925 (a carga parcial, temperaturas entre 30 y 50° C)

η_d = 0,85

Como combustible se adopta gas natural, distribuido por GAS NAVARRA, cuyas acometidas y elementos de instalación, cumplirán las normas establecidas por dicha compañía. La instalación de la red general de gas hasta el armario de regulación será efectuada por el técnico competente.

Elegimos la caldera NOVANOX 24/24

La caldera se colocará en garaje en la planta baja en el lugar indicado en planos.

ARMARIO REGULACIÓN

Se colocará un armario de regulación M.P.B. A6 empotrado en muro exterior de la vivienda. Irán colocados a 0,80 m como mínimo del suelo, con respecto a la parte inferior del armario en los lugares indicados en planos.

Su función es regular la entrada de gas de la red principal de suministro a la entrada en vivienda.

Sus características se muestran en el pliego de condiciones.

INSTALACIÓN A CALDERA

Es el conjunto de conducciones y accesorios, comprendidos entre el armario de regulación y la llave de la caldera.

La presión nominal de trabajo de esta parte de tubería será de 500 mmca y la pérdida de carga de presión admisible no sobrepasará el 5% de la presión mínima garantizada (50 mmca)

Las características de los distintos elementos que intervienen son:

- Tubería de cobre de 19-22mm y 1,5mm de espesor. Las uniones se realizarán por soldadura fuerte.
- La alimentación de gas desde el armario de regulación hasta la caldera irá ascendente por el muro exterior hasta llegar a 10 cm del techo y atravesando el muro exterior de la fachada principal irá por la pared lateral derecha unida por bridas homologadas de forma superficial, siendo la tubería de cobre de 19-22 y espesor 1,5 mm.
- El tramo de tubería que sube por fachada irá envainada con tubería de cobre 26/28mm.
- Se colocará una llave para corte de gas, justamente en la subida por fachada en el exterior, otra a la entrada del garaje y otra antes de la caldera.
- Las abrazaderas serán metálicas con recubrimiento de poliamida y con separación de 2 m en tramos horizontales y 3 m en tramos verticales.

SALIDA DE HUMOS

El conducto de evacuación de los gases de combustión al exterior, será por la fachada principal a una altura de 2,75 metros sobre el suelo, siendo este coaxial de aluminio de 80-125mm de diámetro, compuesto por tubos concéntricos con recubrimiento de epoxi-poliéster, calorifugándose con coquilla de fibra de vidrio y papel de aluminio.

E.18. FUNCIONAMIENTO Y CONTROL

Existen varias formas de conseguir el confort deseado en la calefacción, desde regular el caudal actuando sobre la bomba de impulsión, en los colectores... hasta actuar en la temperatura de impulsión, etc.

El método elegido es el de suministrar el agua de impulsión a una temperatura variable en función de la temperatura exterior e independizar la regulación de temperatura por plantas mediante termostatos ambientes.

Para llevar a cabo la instalación se necesitan los elementos que se detallan en el apartado siguiente.

E.18.1. Elementos de control

E.18.1.A. Centralita reguladora

Su localización estará en el garaje colocada en la pared a 1,75 metros de altura sobre nivel de suelo.

Es el elemento encargado de recibir los datos de los termostatos ambientes de cada planta y actuar en consecuencia sobre la bomba de impulsión.

La centralita elegida es de la casa Roth modelo RVA-1



Imagen 13. Centralita de regulación digital RVA-1

Optimiza la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior.
 Controla la impulsión mediante una salida para válvula mezcladora a 3 puntos.
 En el display se pueden realizar todas las programaciones: ajuste de hora, periodos de calefacción y ACS, ajuste de temperaturas. Leer los valores reales de la temperatura exterior, impulsión, ambiente y ACS, así como el estado de funcionamiento de válvulas y relés.

Formada por un cuadro de control digital, base para su conexión y montaje en la pared, sonda exterior y sonda impulsión de contacto.

E.18.1.B. Válvula mezcladora de 3 vías

Su función es rebajar la temperatura de salida de la caldera (60-80°C) a la temperatura establecida para la ida de calefacción, en nuestro caso 38°C. Estará gobernada por la centralita de control.

Seleccionamos de la marca Roth un mezclador 3V de asiento c/servo DN 32, Kv =16.





Imagen 14. Válvula mezcladora 3 vías con servomotor

E.18.1.C. Termostato ambiente

Es el encargado de regular la temperatura en la planta instalada a la temperatura de consigna ordenando al detentor cerrar el paso de agua a los serpentines de la planta correspondiente.

Colocaremos uno por cada planta por lo que las habitaciones en una misma planta serán dependientes una de otras, siendo independiente la temperatura entre distintas plantas.

Irán colocados en la habitación cuyo circuito de serpentín sea más largo, evitando colocarlos en zonas con fuentes de calor o frío cercanas (cocinas, cerca de ventanas...) para que la medición sea lo más fiable posible y a poder ser centradas respecto a las zonas a calefactor.

Elegimos el termostato ambiente digital para suelo radiante de la marca Roth por su sencillez de uso y fiabilidad.

Se colocan a 1,75 m de altura sobre el nivel del suelo en los lugares indicados en los planos.



Imagen 15. Termostato ambiente digital

Indicación en pantalla de temperatura ambiente, temperatura de consigna, estado de contacto y cambio de pilas (Lb).

Interruptor marcha paro/paro.

Temperatura de regulación: 5-35 °C

Diferencial: 0,3 °C

E.18.1.D. Actuador/Cabezal Electrotérmico

Se colocan en los colectores HKV en el distribuidor de retorno abriendo o cerrando el circuito.

Su función es actuar abriendo o cerrando el paso de agua a los serpentines bajo la orden del termostato correspondiente para regular la temperatura ambiente de cada planta.

Cuando el detentor este cerrado mandará la señal de cierre a la centralita y esta detendrá la bomba en caso de que ninguna planta demande calor (todos los detentores cerrados)



Imagen 16. Actuador M30 NC24V

Sistema de conexión rápida M30 ó M28, según modelo.

Para montaje sobre válvulas del distribuidor o para las válvulas de zona y de 3 vías.

Ajuste NC, normalmente cerrado (Sin tensión, válvula cerrada).

Con cable de conexión

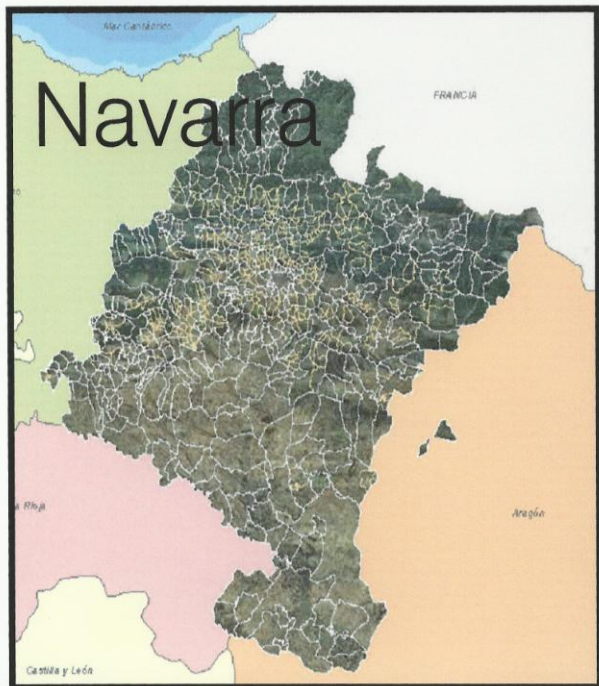
Incorpora adaptador elevador para colectores plásticos modulares.

E.18.1.E. Sonda temperatura exterior

Mide la temperatura exterior y manda la señal a la centralita de control para variar la temperatura de ida a los serpentines.



Imagen 17. Sonda exterior Rothaclima Plus



Navarra




Tudela

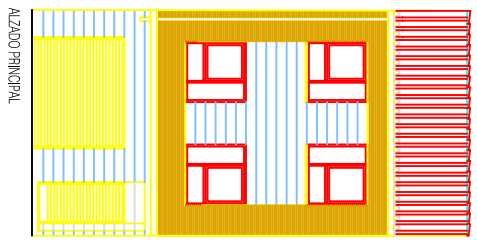
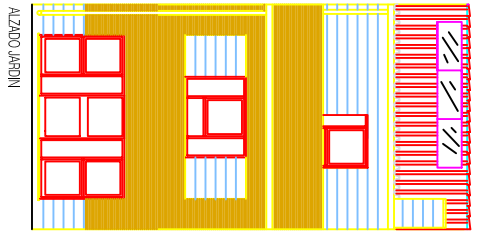
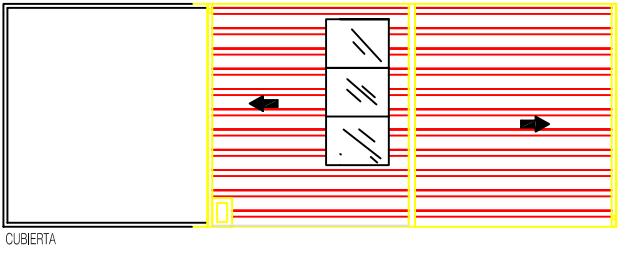


Casa del proyecto



Todos los derechos reservados
Eskubide guztiak erresalbatu dira

Proyecto de: Cálculo de Acs y calefacción suelo radiante con placas solares en vivienda unifamiliar de Tudela (Navarra)		Proyectista: Carlos Lahoz Garcia	
Plano de: ALZADOS Y PLANTA		Fecha: 01-01-2011	
 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T.	Departamento de:	Escala: n/a
	I.T.I. Mecánica	PROYECTOS E INGENIERIA RURAL	Plano nº 1

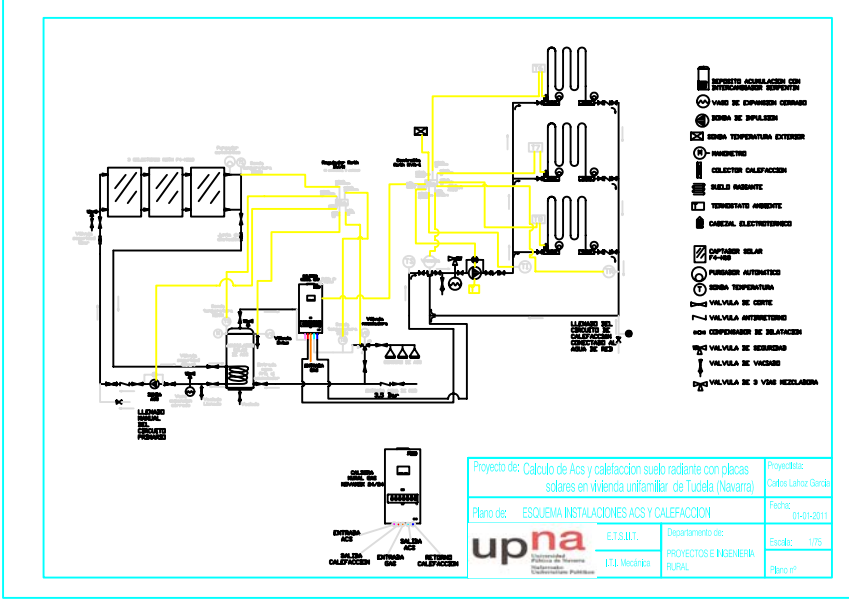


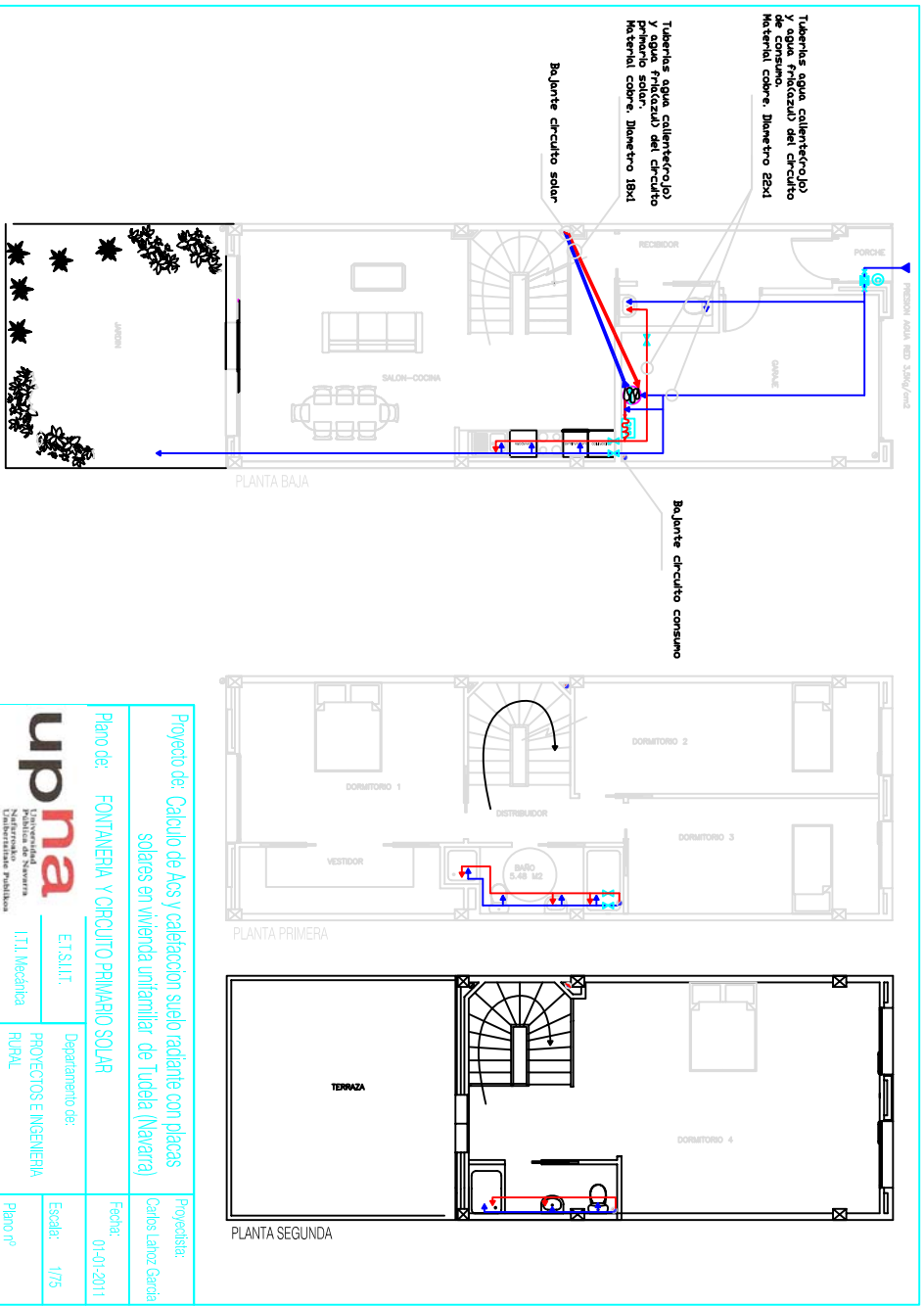
Proyecto de: Calculo de Acos y calificación suelo radiante con placas solares en vivienda unifamiliar de Tudela (Navarra)		Proyectista: Carlos Laroz Garcia	
Plano de: AZADOS Y PLANTA		Fecha: 01-10-2011	
E.T.S.I.T.T.	Departamento de: PROYECTOS E INGENIERIA	Escala: 1/50	
I.T.I. Mestiza	RUPAL	Plano nº	



Departamento de:
PROYECTOS E INGENIERIA

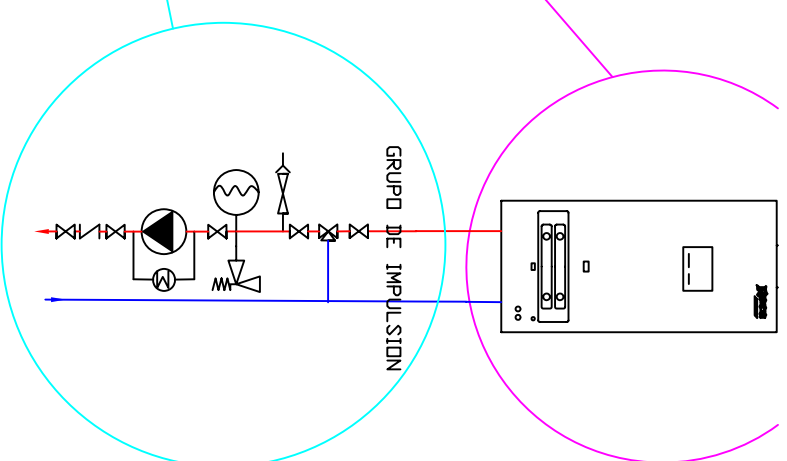
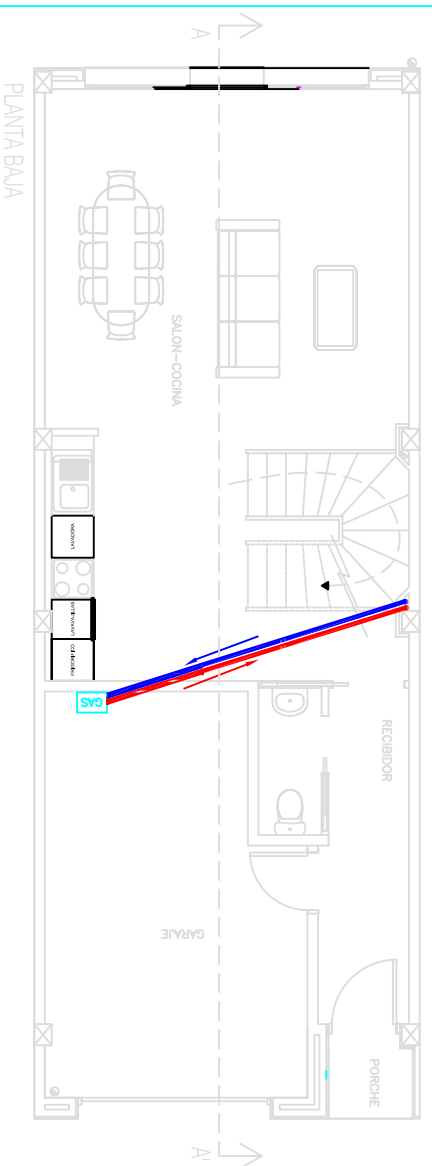
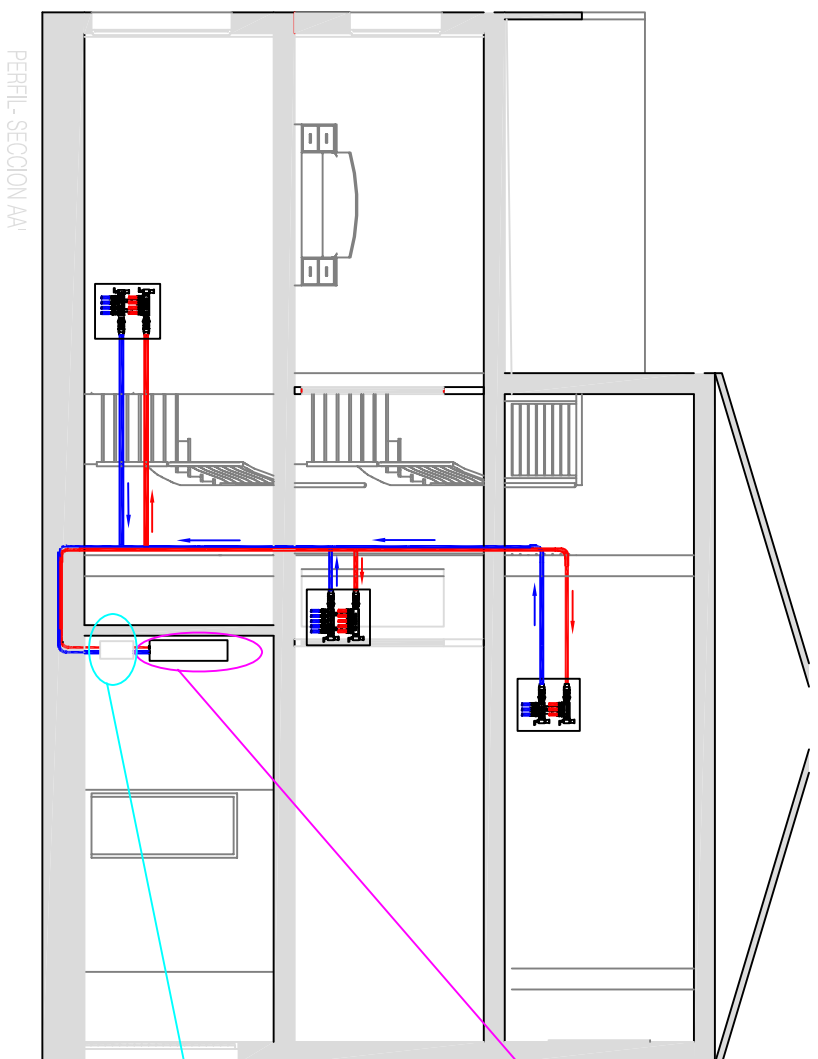
Escala: 1/50
Plano nº





Proyecto de: Calculo de Acs y cableación suelo radiante con placas solares en vivienda unifamiliar de Tudela (Navarra)		Proyectista: Carlos Lizarz García
Plano de: FONTANERÍA Y CIRCUITO PRIMARIO SOLAR	Fechas: 01-01-2011	
ET.S.I.I.T. I.T.I. Mecánica	Departamento de: PROYECTOS E INGENIERIA R.U.P.U.	Escala: 1/75
upna Universidad Pública de Navarra Instituto Tecnológico de Ingeniería y Arquitectura	Plano nº	

Proyecto de: Instalación GAS	Propietario: Celia Lizar García
Plano de: INSTALACIÓN GAS	Fecha: 01-01-2011
ESTADIO: U1 Mecánica	Departamento de: PROYECTOS EN INGENIERIA
U1 Mecánica	RI/PAU
Plano nº	1/15



- █ Tubería retorno agua fría*
- █ Tubería retorno agua caliente*
- * Tuberos Rotn PE-XC EVOH 32x3 longitud total de tubería 33m
- Coja de colectores
- VALVULA DE VACIADO
- Válvula mezcladora 3 vías
- Bomba de impulsión
- VALVULA DE CORTE
- VALVULA ANTIRRETORNO
- VALVULA DE SEGURIDAD
- VASO DE EXPANSION CERRADO

Proyecto de: **Calculo de Acs y calefaccion suelo radiante con placas solares en vivienda unifamiliar de Tudela (Navarra)**

Plano de: **TUBERIA DISTRIBUCION CIRCUITO CALEFACCION**

Proyectista: **Carlos Laroz Garcia**

Fecha: **01-01-2011**

ET.S.I.I.T.

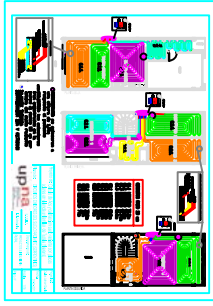
upna
 Universidad
 Pública de Navarra
 Nafarroako
 Unibertsitate Publikoa

I.T.I. Mecánica

Departamento de:
**PROYECTOS E INGENIERIA
 RURAL**

Escala: **1/80**

Plano nº



ÍNDICE

1. DISPOSICIONES GENERALES	1
1.1. NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO	1
1.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA	1
2. CONDICIONES FACULTATIVAS	1
2.1. DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS	1
2.1.1. El Ingeniero Director	1
2.1.2. El Constructor	2
2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS PRINCIPALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA	2
2.2.1. Verificación de los documentos del Proyecto	2
2.2.2. Plan de Seguridad e Higiene	2
Oficina en la Obra	2
2.2.3. Representación del Contratista	3
2.2.4. Presencia del Constructor en la obra	3
2.2.5. Trabajos no estipulados expresamente	3
2.2.6. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto	4
2.2.7. Reclamaciones contra las órdenes de la Dirección Facultativa	4
2.2.8. Recusación por el Contratista del personal nombrado por el Ingeniero	4
2.2.9. Faltas del personal	5
2.3. PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, A LOS MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES	5
2.3.1. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos	5
2.3.2. Orden de los trabajos	5
2.3.3. Facilidades para otros Contratistas	5

2.3.4.	Ampliación del Proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	5
2.3.5.	Prórroga por causa de fuerza mayor	6
2.3.6.	Responsabilidad de la Dirección Facultativa en el retraso de la obra	6
2.3.7.	Condiciones generales de ejecución de los trabajos	6
2.3.8.	Obras ocultas	6
2.3.9.	Trabajos defectuosos	6
2.3.10.	Vicios ocultos	7
2.3.11.	De los materiales y de los aparatos. Su procedencia	7
2.3.12.	Materiales y aparatos defectuosos	7
2.3.13.	Gastos ocasionados por pruebas y ensayos	8
2.4.	RECEPCIÓN DE LA OBRA	8
2.4.1.	De las recepciones provisionales	8
2.4.2.	Documentación final de la obra	8
2.4.3.	Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra	8
2.4.4.	Plazo de garantía	9
2.4.5.	Conservación de las obras recibidas provisionalmente	9
2.4.6.	De la recepción definitiva	9
2.4.7.	Prórroga del plazo de garantía	9
3.	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE ENERGÍA SOLAR	9
3.1.	REQUISITOS GENERALES	9
3.1.1.	Objeto y campo de aplicación	9
3.1.2.	Generalidades	10
3.1.3.	Requisitos generales	11
3.1.3.1.	Fluido de trabajo	11
3.1.3.2.	Protección contra heladas	12
3.1.3.2.1.	<i>Generalidades</i>	12
3.1.3.2.2.	<i>Mezclas anticongelantes</i>	12
3.1.3.2.3.	<i>Recirculación del agua del circuito</i>	13

3.1.3.2.4. <i>Drenaje automático con recuperación del fluido</i>	13
3.1.3.2.5. <i>Sistemas de drenaje exterior</i>	13
3.1.3.3. Sobrecalentamientos	13
3.1.3.3.1. <i>Protección contra sobrecalentamientos</i>	13
3.1.3.3.2. <i>Protección contra quemaduras</i>	14
3.1.3.3.3. <i>Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas</i>	14
3.1.3.4. Prevención de flujo inverso	14
3.1.3.5. Prevención de la legionelosis	14
4. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO	14
4.1. DIMENSIONADO Y CÁLCULO	14
4.1.1. Datos de partida	14
4.1.2. Dimensionado básico	15
4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN	17
4.2.1. Generalidades	17
4.2.2. Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica	17
4.2.3. Conexionado	18
4.2.4. Estructura soporte	18
4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR	19
4.3.1. Generalidades	19
4.3.2. Situación de las conexiones	20
4.3.3. Sistema auxiliar en el acumulador solar	20
4.4.4. Varios acumuladores	20
4.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO	20
4.4.1. Criterios de diseño para el intercambiador de calor para prevenir la legionela	21
4.5. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO	21
4.5.1. Generalidades	21
4.5.2. Tuberías	21

4.5.3. Bombas	21
4.5.4. Vasos de expansión	22
4.5.5. Purga de aire	22
4.5.6. Drenaje	22
4.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR	22
4.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	23
4.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	24
5. COMPONENTES	24
5.1. GENERALIDADES	24
5.2. CAPTADORES SOLARES	24
5.3. ACUMULADOR	25
5.4. INTERCAMBIADOR DE CALOR	25
5.5. BOMBA DE CIRCULACIÓN	26
5.6. TUBERÍAS	27
5.7. VÁLVULAS	27
5.8. VASO DE EXPANSIÓN	28
5.9. AISLAMIENTO	29
5.10. PURGA DE AIRE	29
5.11. SISTEMA DE LLENADO	29
5.12. SISTEMA DE CONTROL	30
5.13. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN	30
5.14. EQUIPOS DE MEDIDA	31
6. CONDICIONES DE MONTAJE	33
6.1. GENERALIDADES	33
6.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES	34
6.3. MONTAJE DE ACUMULADOR	34
6.4. MONTAJE DEL INTERCAMBIADOR	34
6.5. MONTAJE DE LA BOMBA	34
6.6. MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS	35
6.7. MONTAJE DEL AISLAMIENTO	36
6.8. MONTAJE DE CONTADORES	36

7. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO	36
7.1. GENERALIDADES	36
7.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	37
7.2.1. Plan de vigilancia	38
7.2.2. Plan de mantenimiento preventivo	38
7.2.3. Mantenimiento correctivo	41
8. GARANTIAS	41

1. DISPOSICIONES GENERALES

1.1. NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO

El presente Pliego General de Condiciones tiene carácter supletorio del Pliego de Condiciones particulares del Proyecto.

Ambos, como parte del proyecto, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al Promotor o dueño de la obra, al Contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al Ingeniero Técnico, así como las relaciones entre todos ellos y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

1.2. DOCUMENTACIÓN DEL CONTRATO DE OBRA

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- a. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiese.
- b. El Pliego de Condiciones particulares.
- c. El presente Pliego General de Condiciones.
- d. El resto de la documentación de Proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

Las órdenes e instrucciones de la Dirección facultativa de las obras se incorporan al Proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones. En cada documento las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas, y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

2. CONDICIONES FACULTATIVAS

2.1. DELIMITACIÓN GENERAL DE FUNCIONES TÉCNICAS

2.1.1. El ingeniero director

Corresponde al Ingeniero Director:

- a) Redactar los complementos o rectificaciones del proyecto que se precisen.
- b) Asistir a la obra, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan e impartir las instrucciones complementarias que sean precisas para conseguir la correcta solución.
- c) Coordinar la intervención de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos parciales de su especialidad.
- d) Aprobar las certificaciones parciales de la obra, la liquidación final, y asesorar al promotor en el acto de la recepción.
- e) Preparar la documentación final de la obra y expedir y suscribir, en unión del Ingeniero Técnico, el certificado final de la misma.

2.1.2. El constructor

Corresponde al Constructor:

- a) Organizar los trabajos de instalación redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- b) Elaborar, cuando se requiera, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad e higiene en el trabajo.
- c) Suscribir con el Ingeniero Técnico el acta de replanteo de la obra.
- d) Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.
- e) Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- f) Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo.
- g) Facilitar al Ingeniero Técnico, con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- h) Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- i) Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- j) Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

2.2. OBLIGACIONES Y DERECHOS PRINCIPALES DEL CONSTRUCTOR O CONTRATISTA

2.2.1. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes. En caso de no efectuar la citada consignación, se sobreentenderá realizada una vez comenzada la obra.

2.2.2. Plan de seguridad y salud

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución y el Estudio de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad y Salud de la obra a la aprobación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud de la dirección facultativa.

2.2.3. Oficina en la obra

El Constructor habilitará en la obra una oficina en la que debe existir una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el Contratista a disposición de la Dirección Facultativa:

- El Proyecto de Ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el Ingeniero Técnico.
- La Licencia de Obras.
- El Libro de Órdenes y Asistencias.
- El Plan de Seguridad e Higiene.
- El Libro de Incidencias.
- El Reglamento y Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- La documentación de los seguros.

Dispondrá además el Constructor una oficina para la Dirección facultativa, convenientemente acondicionada para que en ella se pueda trabajar con normalidad a cualquier hora de la jornada.

2.2.4. Representación del contratista

El Constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de Jefe de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el Pliego de "Condiciones particulares de índole facultativa", el Delegado del Contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El Pliego de Condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el Constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al Ingeniero para ordenar la paralización de las obras, sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

2.2.5. Presencia del constructor en la Obra

El Jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos o encargados, estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al Ingeniero Técnico en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

2.2.6. Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los

documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero Técnico dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el Pliego de Condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 5 por 100 o del total del presupuesto en más de un 3 por 100.

2.2.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Ingeniero Técnico.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiere dictado, el cual dará al Constructor el correspondiente recibo si éste lo solicitase.

El Constructor podrá requerir del Ingeniero Técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

2.2.8. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el Contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones demandas de la Dirección Facultativa sólo podrá presentarlas, a través del Ingeniero, ante la Propiedad si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico del Ingeniero Técnico no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el Contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al Ingeniero Técnico, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

2.2.9. Recusación por el contratista del personal nombrado por el ingeniero

El Constructor no podrá recusar al Ingeniero Técnico, o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

2.2.10. Faltas del personal

El Ingeniero Técnico, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso a lo estipulado en el Pliego de Condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

2.3. PRESCRIPCIONES GENERALES RELATIVAS A LOS TRABAJOS, MATERIALES Y A LOS MEDIOS AUXILIARES

2.3.1. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero Técnico del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

2.3.2. Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

2.3.3. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el Contratista General deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

2.3.4. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso, por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero Técnico o en tanto se fórmula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo

importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

2.3.5. Prórroga por causas de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Ingeniero Técnico. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

2.3.6. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la instalación

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

2.3.7. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Ingeniero Técnico al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado.

2.3.8. Obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos. Estos documentos se entregarán: uno, al Ingeniero Técnico y, otro, al Contratista, firmados todos ellos. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

2.3.9. Trabajos defectuosos

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones generales y particulares de índole técnica" del Pliego de Condiciones y realizar todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al Ingeniero Técnico, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero Técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el Ingeniero de la obra, quien resolverá.

2.3.10. Vicios ocultos

Si el Ingeniero Técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al Constructor.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la Propiedad.

2.3.11. Materiales y aparatos. Procedencia

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas o el Presupuesto detallado preceptúen una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Ingeniero Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

2.3.12. Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este Pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquél se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el Ingeniero Técnico dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los quince (15) días de recibir el Constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del Ingeniero Técnico, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

2.3.13. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

2.4. RECEPCIÓN DE LA OBRA

2.4.1. Recepciones provisionales

Treinta días antes de dar fin a la obra o instalación comunicará el Ingeniero Técnico a la Propiedad la proximidad de su terminación, a fin de convenir la fecha para el acto de recepción provisional.

Ésta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Constructor, del Ingeniero Técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se dará al Constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

2.4.2. Documentación final de la obra

El Ingeniero Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuestos por la legislación vigente.

2.4.3. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra

Recibida provisionalmente la obra, se procederá inmediatamente por el Ingeniero Técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del Constructor o de su representante.

2.4.4. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el Pliego de Condiciones Particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a nueve meses.

2.4.5. Conservación de la obra recibida provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía, comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista.

Si la instalación fuese utilizada antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obras o por defectos en las instalaciones serán a cargo de la contrata.

2.4.6. Recepción definitiva

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

2.4.7. Prorroga del plazo de garantía

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Ingeniero Director marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquéllos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS DE ENERGÍA SOLAR

3.1. REQUISITOS GENERALES

3.1.1. Objeto y campo de aplicación

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

3.1.2. Generalidades

En general, a las instalaciones recogidas bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), junto con la serie de normas UNE sobre solar térmica.

Este Pliego de Condiciones Técnicas (PCT) es de aplicación para instalaciones con captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior o igual a $9 \text{ VJ}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

A efectos de requisitos mínimos, se consideran las siguientes clases de instalaciones:

- *Sistemas solares de calentamiento prefabricados*: son lotes de productos con una marca registrada, que son vendidos como equipos completos y listos para instalar, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan en un laboratorio de ensayo como un todo. Si un sistema es modificado cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado se considera como un nuevo sistema, para el cual es necesario una nueva evaluación en el laboratorio de ensayo.
- *Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos*: son aquellos sistemas construidos de forma única o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría son considerados como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo. Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:
 - a. *Sistemas grandes a medida*: son diseñados únicamente para una situación específica. En general, son diseñados por ingenieros, fabricantes y otros expertos.
 - b. *Sistemas pequeños a medida*: son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

Tabla 1. División de sistemas solares de calentamiento prefabricados y a medida.

<i>Sistemas solares prefabricados (*)</i>	<i>Sistemas solares a medida</i>
Sistemas por termosifón para agua caliente sanitaria.	Sistemas de circulación forzada (o de termosifón) para agua caliente y/o calefacción y/o refrigeración, y/o calentamiento de piscinas montados usando componentes y configuraciones descritos en un archivo de documentación (principalmente sistemas pequeños).
Sistemas de circulación forzada como lote de productos con configuración fija para agua caliente sanitaria.	
Sistemas con captador-depósito integrados (es decir, en un mismo volumen) para agua caliente sanitaria	Sistemas únicos en el diseño y montaje, utilizados para calentamiento de agua, calefacción y/o refrigeración y/o calentamiento de piscinas o usos industriales (principalmente sistemas grandes).

(*) También denominados “equipos domésticos” o “equipos compactos”

Considerando el coeficiente global de pérdidas de los captadores se considerarán, a efectos de permitir o limitar, dos grupos dependiendo del rango de temperatura de trabajo:

- Las instalaciones destinadas exclusivamente a producir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, precalentamiento de agua de aporte de procesos industriales, calefacción por suelo radiante o "fan-coil" u otros usos a menos de 45 °C, podrán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas esté comprendido entre 9 W/(m²·°C) y 4,5 W/(m²·°C).
- Las instalaciones destinadas a climatización, calefacción por sistemas diferentes a suelo radiante o "fan-coil", u otros usos en los cuales la temperatura del agua de aporte a la instalación solar y la de referencia de producción se sitúen en niveles semejantes, deberán emplear captadores cuyo coeficiente global de pérdidas sea inferior a 4,5 W/(m²·°C).

En ambos grupos el rendimiento medio anual de la instalación deberá ser mayor del 30 %, calculándose de acuerdo a lo especificado en el capítulo 3 ("*Criterios generales de diseño*").

3.1.3. Requisitos generales

3.1.3.1. Fluido de trabajo

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, o agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado.

En cualquier caso el pH a 20 °C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- a) La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 VtS/cm.
- b) El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.
- c) El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

Fuera de estos valores, el agua deberá ser tratada.

El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua potable por el fluido del circuito primario.

Para aplicaciones en procesos industriales, refrigeración o calefacción, las características del agua exigidas por dicho proceso no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar al mismo.

3.1.3.2. Protección contra heladas

3.1.3.2.1. *Generalidades*

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura pueda caer por debajo de los 0 °C deberá estar protegido contra heladas.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

1. Mezclas anticongelantes
2. Recirculación de agua de los circuitos
3. Drenaje automático con recuperación de fluido
4. Drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados)

3.1.3.2.2 *Mezclas anticongelantes*

Se ha utilizado como solución anti-heladas el sistema de mezcla anticongelante. Como anticongelantes podrán utilizarse los productos, solos o mezclados con agua, que cumplan la reglamentación vigente y cuyo punto de congelación sea inferior a 0 °C (El punto de congelación deberá de estar acorde con las condiciones climáticas del lugar). En todo caso, su calor específico no será inferior a 3 kJ/(kg-K), equivalentes a 0,7 kcal/(kg-°C).

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2.

La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse.

En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

3.1.3.2.3 Recirculación del agua del circuito

Este método de protección anti-heladas asegurará que el fluido de trabajo está en movimiento cuando exista riesgo de helarse.

El sistema de control actuará, activando la circulación del circuito primario, cuando la temperatura detectada preferentemente en la entrada de captadores o salida o aire ambiente circundante alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3 °C).

Este sistema es adecuado para zonas climáticas en las que los períodos de baja temperatura sean de corta duración.

Se evitará, siempre que sea posible, la circulación de agua en el circuito secundario.

3.1.3.2.4. Drenaje automático con recuperación del fluido

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado a un depósito, para su posterior uso, cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm / m.

El sistema de control actuará sobre las electroválvulas de drenaje cuando la temperatura detectada en captadores alcance un valor superior al de congelación del agua (como mínimo 3°C).

El vaciado del circuito se realizará a un tanque auxiliar de almacenamiento, debiéndose prever un sistema de llenado de captadores para recuperar el fluido.

El sistema requiere utilizar un intercambiador de calor entre los captadores y el acumulador para mantener en éste la presión de suministro de agua caliente.

3.1.3.2.5. Sistemas de drenaje al exterior (sólo para sistemas solares prefabricados)

El fluido en los componentes del sistema que están expuestos a baja temperatura ambiente es drenado al exterior cuando hay riesgo de heladas.

La inclinación de las tuberías horizontales debe estar en concordancia con las recomendaciones del fabricante en el manual de instalador al menos en 20 mm / m.

Este sistema no está permitido en los sistemas solares a medida.

3.1.3.3. Sobre calentamientos

3.1.3.3.1. Protección contra sobre calentamientos

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que, con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de ACS, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario

tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción deberá realizarse de tal forma que el agua caliente no suponga ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

3.1.3.3.2 Protección contra quemaduras

En sistemas de agua caliente sanitaria, donde la temperatura de agua caliente en los puntos de consumo pueda exceder de 60 °C, deberá ser instalado un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas. Este sistema deberá ser capaz de soportar la máxima temperatura posible de extracción del sistema solar.

3.1.3.3.3. Protección de materiales y componentes contra altas temperaturas

El sistema deberá ser diseñado de tal forma que nunca se exceda la máxima temperatura permitida por todos los materiales y componentes.

3.1.3.4. Prevención de flujo inverso

La instalación del sistema deberá asegurar que no se produzcan pérdidas energéticas relevantes debidas a flujos inversos no intencionados en ningún circuito hidráulico del sistema.

La circulación natural que produce el flujo inverso se puede favorecer cuando el acumulador se encuentra por debajo del captador, por lo que habrá que tomar, en esos casos, las precauciones oportunas para evitarlo.

En sistemas con circulación forzada se aconseja utilizar una válvula anti-retorno para evitar flujos inversos.

3.1.3.5. Prevención de la legionelosis

Se deberá cumplir el Real Decreto 909/2001, por lo que la temperatura del agua en el circuito de distribución de agua caliente no deberá ser inferior a 50°C en el punto más alejado y previo a la mezcla necesaria para la protección contra quemaduras o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70°C. En consecuencia, no se admite la presencia de componentes de acero galvanizado.

4. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

4.1. DIMENSIONADO Y CÁLCULO

4.1.1. Datos de partida

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

Condiciones de uso

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo.

Para aplicaciones de A.C.S., la demanda energética se determina en función del consumo de agua caliente, siguiendo lo especificado en el CTE.

Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Al objeto de este PCT podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias publicadas por CENSOLAR.

4.1.2 Dimensionado básico

A los efectos de este PCT, el dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación.

El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110 de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100 %.

Con independencia del uso al que se destine la instalación, en el caso de que en algún mes del año la contribución solar real sobrepase el 110 % de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 %, se adoptarán cualquiera de las siguientes medidas:

- a) Dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos o mediante la circulación nocturna del circuito primario).
- b) Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez, evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador).
- c) Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares debiendo incluirse este trabajo en ese caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- d) Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.

Cuando la instalación tenga uso de vivienda residencial y no sea posible la solución d) se recomienda la solución a).

Adicionalmente, durante todo el año se vigilará la instalación con el objeto de prevenir los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos.

El rendimiento de la instalación se refiere sólo a la parte solar de la misma. En caso de sistemas de refrigeración por absorción se refiere a la producción de la energía solar térmica necesaria para el sistema de refrigeración.

A estos efectos, se definen los conceptos de fracción solar y rendimiento medio estacional o anual de la siguiente forma:

Fracción solar mes "x" = (Energía solar aportada el mes "x"/Demanda energética durante el mes "x") X 100

Fracción solar año "y" = (Energía solar aportada el año "y"/Demanda energética durante el año "y") X 100

Rendimiento medio año "y" = (Energía solar aportada el año "y"/ Irradiación incidente año "y") x 100

Irradiación incidente año "y" = Suma de las irradiaciones incidentes de los meses del año "y"

Irradiaciones incidentes en el mes "x" = Irradiación en el mes "x" X Superficie captadora

El concepto de *energía solar aportada el año "y"* se refiere a la energía demandada realmente satisfecha por la instalación de energía solar. Esto significa que para su cálculo nunca podrá considerarse más de un 100 % de aporte solar en un determinado mes.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas, fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- a) La demanda de energía térmica.
- b) La energía solar térmica aportada.
- c) La fracción solar media anual.
- d) El rendimiento medio anual.

Independientemente de lo especificado en los párrafos anteriores, en caso de A.C.S., se debe tener en cuenta que el sistema solar se debe diseñar y calcular en función de la energía que aporta a lo largo del día y no en función de la potencia del generador (captadores solares), por tanto se debe prever una acumulación acorde con la demanda y el aporte, al no ser ésta simultánea con la generación.

Para esta aplicación el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < V/A < 180$$

donde A será el área total de los captadores, expresada en m^2 , y V el volumen del depósito de acumulación solar, expresado en litros, cuyo valor recomendado es aproximadamente la carga de consumo diaria M . ($V = M$)

Además, para instalaciones con fracciones solares bajas, se deberá considerar el uso de relaciones V/A pequeñas y para instalaciones con fracciones solares elevadas se deberá aumentar dicha relación.

4.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN

4.2.1. Generalidades

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia o por un laboratorio de ensayos según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de abril, sobre homologación de los captadores solares, y en la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares.

A efectos de este PCT, será necesaria la presentación de la homologación del captador por el organismo de la Administración competente en la materia y la certificación del mismo por laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

4.2.2. Orientación, inclinación, sombras e integración arquitectónica

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo sean inferiores a los límites de la siguiente tabla. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define más adelante.

En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado, y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15%
Superposición	20 %	15 %	30
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación, β_{opt} , dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: la latitud geográfica
- Consumo preferente en invierno: la latitud geográfica + 10°
- Consumo preferente en verano: la latitud geográfica - 10°

Se debe evaluar la disminución de prestaciones que se origina al modificar la orientación e inclinación de la superficie de captación.

Se considera que existe integración arquitectónica cuando los captadores cumplen una doble función energética y arquitectónica y además sustituyen elementos constructivos convencionales. Se considera que existe superposición arquitectónica cuando la colocación de los captadores se realiza paralela a la envolvente del edificio, no aceptándose en este concepto la disposición horizontal del absorbedor. Una regla fundamental a seguir para conseguir la integración o superposición de las instalaciones solares es la de mantener, dentro de lo posible, la alineación con los ejes principales de la edificación.

4.2.3. Conexionado

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serieparalelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc.

Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. El número de captadores conexionados en serie no será superior a tres. Se dispondrá de un sistema para asegurar igual recorrido hidráulico en todas las baterías de captadores. En general, se debe alcanzar un flujo equilibrado mediante el sistema de retorno invertido. Si esto no es posible, se puede controlar el flujo mediante mecanismos adecuados, como válvulas de equilibrado.

Se deberá prestar especial atención en la estanquidad y durabilidad de las conexiones del captador.

4.2.4. Estructura soporte

Si el sistema posee una estructura soporte que es montada normalmente en el exterior, el fabricante deberá especificar los valores máximos de s_k (carga de nieve) y v_m (velocidad media de viento) de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4.

Esto deberá verificarse durante el diseño calculando los esfuerzos de la estructura soporte de acuerdo con estas normas.

El sistema sólo podrá ser instalado en localizaciones donde los valores de s_k y v_m determinados de acuerdo con ENV 1991-2-3 y ENV 1991-2-4 sean menores que los valores máximos especificados por el fabricante.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico.

Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuada, de forma que no se produzcan flexiones en el captador superiores a las permitidas por el fabricante.

Los topes de sujeción de los captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre estos últimos.

4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR

4.3.1. Generalidades

Los acumuladores para A.C.S. y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como aparece en el RD 909/2001 de 27 de julio.

En caso de aplicaciones para A.C.S. y sistema de energía auxiliar no incorporado en el acumulador solar, es necesario realizar un conexionado entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionela. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionela

4.3.2. Criterios de diseño para el depósito acumulador para prevenir la legionela

El diseño del sistema de acumulación deberá favorecer la estratificación térmica, reduciendo al mínimo la cantidad de agua que esté a una temperatura intermedia entre la entrada y la salida del sistema. Para conseguir este objetivo es necesario que:

- Los depósitos acumuladores sean verticales (la relación altura/diámetro deberá ser elevada), con la entrada de agua por la parte inferior y salida por la superior
- Deberán existir elementos que permitan reducir al máximo la velocidad residual del agua de entrada al depósito
- En caso de la existencia de más de un depósito acumulador, estos estarán dispuestos en serie sobre el circuito del agua.
- La temperatura de almacenamiento del agua en el depósito acumulador ha de ser como mínimo de 55 °C. Es preciso que el sistema sea capaz de llegar periódicamente a una temperatura de 70 °C. La temperatura no ha de ser inferior a 50 °C en el punto mas alejado del circuito o en la tubería de retorno.
- Las superficies interiores han de ser resistentes a la agresividad del agua a 70° C y al cloro. Se recomienda su construcción con acero inoxidable y algunos revestimientos protegidos para el acero común.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 20 m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

4.3.3. Situación de las conexiones

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo A.C.S., esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.

4.3.4. Sistema auxiliar en el acumulador solar

No se permite la conexión de un sistema auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones.

En cualquier caso, queda a criterio del IDAE el dar por válido el sistema propuesto.

4.3.5. Varios acumuladores

Cuando sea necesario que el sistema de acumulación solar esté formado por más de un depósito, éstos se conectarán en serie invertida en el circuito de consumo o en paralelo con los circuitos primarios y secundarios equilibrados.

La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación.

4.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INTERCAMBIO

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente P, en W, en función del área de captadores A, en m², cumplirá la condición:

$$P > 500A$$

El intercambiador independiente será de placas de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

En caso de aplicación para ACS se puede utilizar el circuito de consumo con un intercambiador, teniendo en cuenta que con el sistema de energía auxiliar de producción instantánea en línea o en acumulador secundario hay que elevar la temperatura hasta 60 °C, y siempre en el punto más alejado de consumo hay que asegurar 50 °C.

4.4.1. Criterios de diseño para el intercambiador de calor para prevenir la legionela

Los intercambiadores de calor son los elementos más susceptibles de padecer procesos de corrosión e incrustación y se recomienda que sean de acero inoxidable o de cobre.

A efectos del mantenimiento, los intercambiadores de calor más recomendados son los de placas. Por ello, en la fase de diseño se recomienda que exista un circuito de retorno del agua, disponiendo de una bomba de recirculación con válvula de retención.

4.5. DISEÑO DEL CIRCUITO HIDRÁULICO

4.5.1. Generalidades

Debe concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado. Si no fuera posible, el flujo debe ser controlado por válvulas de equilibrado.

En caso de aplicación para A.C.S., el circuito hidráulico del sistema de consumo deberá cumplir los requisitos especificados en UNE-EN 806-1.

4.5.2. Tuberías

Con objeto de evitar pérdidas térmicas, la longitud de tuberías del sistema deberá ser tan corta como sea posible, evitando al máximo los codos y pérdidas de carga en general.

El diseño y los materiales deberán ser tales que no exista posibilidad de formación de obturaciones o depósitos de cal en sus circuitos que influyan drásticamente en el rendimiento del sistema.

4.5.3. Bombas

Si el circuito de captadores está dotado con una bomba de circulación la caída de presión se debería mantener aceptablemente baja en todo el circuito.

Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal.

Ya que la instalación no tiene una superficie de captación superior a 50 m² no se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se establecería el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

Las tuberías conectadas a las bombas se soportarán en las inmediaciones de éstas, de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos de torsión o flexión. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

4.5.4. Vasos de expansión

Los vasos de expansión preferentemente se conectarán en la aspiración de la bomba.

4.5.5. Purga de aire

En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm³. Este volumen podrá disminuirse si se instala, a la salida del circuito solar y antes del intercambiador, un desaireador con purgador automático.

4.5.6. Drenaje

Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse.

4.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR

Para asegurar la continuidad en el abastecimiento de la demanda térmica, las instalaciones de energía solar deben disponer de un sistema de energía auxiliar.

Por razones de eficiencia energética, entre otras, se desaconseja la utilización de energía eléctrica efecto Joule como fuente auxiliar, especialmente en los casos de altos consumos y fracciones solares anuales bajas.

Queda prohibido el uso de sistemas de energía auxiliar en el circuito primario de captadores.

El diseño del sistema de energía auxiliar se realizará en función de la aplicación (o aplicaciones) de la instalación, de forma que sólo entre en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y que se aproveche lo máximo posible la energía extraída del campo de captación solar. Para ello se seguirán los siguientes criterios:

- Para pequeñas cargas de consumo se recomienda usar un sistema de energía auxiliar en línea, siendo para estos casos los sistemas de gas modulantes en temperatura los más idóneos.
- No se recomienda la conexión de un retorno desde el acumulador de energía auxiliar al acumulador solar, salvo que existan períodos de bajo consumo estacionales, en los que se prevea elevadas temperaturas en el acumulador solar. La instalación térmica deberá efectuarse de manera que en ningún caso se introduzca en el acumulador solar energía procedente de la fuente auxiliar.

- Para la preparación de agua caliente sanitaria se permitirá la conexión del sistema de energía auxiliar en paralelo con la instalación solar cuando se cumplan los siguientes requisitos:
 - Exista previamente un sistema de energía auxiliar constituido por uno o varios calentadores instantáneos no modulantes y sin que sea posible regular la temperatura de salida del agua.
 - Exista una preinstalación solar que impida o dificulte el conexionado en serie.

Para A.C.S., el sistema de aporte de energía auxiliar con acumulación o en línea siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con el RD 909/2001. Este punto no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.

4.7. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El diseño del sistema de control asegurará el correcto funcionamiento de las instalaciones, procurando obtener un buen aprovechamiento de la energía solar captada y asegurando un uso adecuado de la energía auxiliar. El sistema de regulación y control comprende los siguientes sistemas:

- Control de funcionamiento del circuito primario y secundario (si existe)
- Sistemas de protección y seguridad de las instalaciones contra sobrecalentamientos, heladas, etc.

El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos.

Con independencia de que realice otras funciones, el sistema de control se realizará por control diferencial de temperaturas, mediante un dispositivo electrónico (módulo de control diferencial) que compare la temperatura de captadores con la temperatura de acumulación o retorno, como por ejemplo ocurre en la acumulación distribuida. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2 °C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor de 2 °C. De esta forma el funcionamiento de la parte solar de una instalación se optimiza. Para optimizar el aprovechamiento solar de la instalación y, cuando exista intercambiador exterior, se podrán instalar también dos controles diferenciales.

El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido.

Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores, de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación.

Cuando exista, el sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado.

4.8. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

Para el caso de instalaciones mayores de 20 m² se deberá disponer al menos de un sistema analógico de medida local que indique como mínimo las siguientes variables:

Opción 1:

- Temperatura de entrada de agua fría de red
- Temperatura de salida del acumulador solar
- Caudal de agua fría de red

Opción 2:

- Temperatura inferior del acumulador solar
- Temperatura de captadores
- Caudal por el circuito primario

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

5. COMPONENTES

5.1. GENERALIDADES

Los materiales de la instalación deben soportar las máximas temperaturas y presiones que puedan alcanzarse.

Cuando sea imprescindible utilizar en el mismo circuito materiales diferentes, especialmente cobre y acero, en ningún caso estarán en contacto, debiendo situar entre ambos juntas o manguitos dieléctricos.

En todos los casos es aconsejable prever la protección catódica del acero.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se debe tener particular precaución en la protección de equipos y materiales que pueden estar expuestos a agentes exteriores, especialmente agresivos, producidos por procesos industriales cercanos.

5.2. CAPTADORES SOLARES

Si se utilizan captadores convencionales de absorbedor metálico, ha de tenerse en cuenta que el cobre solamente es admisible si el pH del fluido en contacto con él está **comprendido entre 7,2 y 7,6**. Absorbedores de hierro no son aptos en absoluto.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m c.a.

El captador llevará, preferentemente, un orificio de ventilación, de diámetro no inferior a 4 mm, situado en la parte inferior de forma que puedan eliminarse acumulaciones de agua en el captador. El orificio se realizará de manera que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Cuando se utilicen captadores con absorbedores de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

5.3. ACUMULADOR

Cada acumulador vendrá equipado de fábrica de los necesarios manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguito para el vaciado.

Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante, y es recomendable disponer una protección mecánica en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástico.

Todos los acumuladores irán equipados con la protección catódica establecida por el fabricante para garantizar la durabilidad del acumulador.

Al objeto de estas especificaciones podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamiento descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado de volumen inferior a 1000 l.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo)

5.4. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Se indicará el fabricante y modelo del intercambiador de calor, así como datos de sus características de actuación medidos por el propio fabricante o por un laboratorio acreditado.

El intercambiador seleccionado resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación. En particular, se prestará especial atención a los intercambiadores que, como en el caso de los depósitos de doble pared, presentan grandes superficies expuestas por un lado a la presión y por otro, a la atmósfera, o bien, a fluidos a mayor presión.

En ningún caso se utilizarán interacumuladores con envolvente que dificulten la convección natural en el interior del acumulador.

Los materiales del intercambiador de calor resistirán la temperatura máxima de trabajo del circuito primario y serán compatibles con el fluido de trabajo.

Los intercambiadores de calor utilizados en circuitos de agua sanitaria serán de acero inoxidable o cobre.

Cualquier intercambiador de calor existente entre el circuito de captadores y el sistema de suministro al consumo no debería reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en la temperatura de funcionamiento de captadores en más de lo que los siguientes criterios especifican:

- Cuando la ganancia solar del captador haya llegado al valor máximo posible, la reducción de la eficiencia del captador debido al intercambiador de calor no debería exceder el 10 % (en valor absoluto).
- Si se instala más de un intercambiador de calor, también este valor debería de no ser excedido por la suma de las reducciones debidas a cada intercambiador. El criterio se aplica también si existe en el sistema un intercambiador de calor en la parte de consumo.
- Si en una instalación a medida sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captados no debería ser menor de 40 W/(K~m2).

Se recomienda dimensionar el intercambiador de calor, en función de la aplicación, con las condiciones expresadas en la tabla 2.

Tabla 2. Temperatura del agua en diferentes aplicaciones

<i>Aplicación</i>	<i>Temperatura entrada primario</i>	<i>Temperatura salida secundario</i>	<i>Temperatura entrada secundario</i>
Piscinas	50 °C	28 °C	24 °C
Agua caliente sanitaria	60 °C	50 °C	45 °C
Calefacción a baja temperatura	60 °C	50 °C	45 °C
Refrigeración/Calefacción	105 °C	90 °C	75 °C

La pérdida de carga de diseño en el intercambiador de calor no será superior a 3 m c.a., tanto en el circuito primario como en el secundario.

5.5. BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Las bombas podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo o de bancada. Siempre que sea posible se utilizarán bombas tipo circuladores en línea.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Las bombas serán resistentes a las averías producidas por efecto de las incrustaciones calizas.

Las bombas serán resistentes a la presión máxima del circuito.

La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificado por el fabricante.

La presión de la bomba deberá compensar todas las pérdidas de carga del circuito correspondiente.

5.6. TUBERÍAS

En sistemas directos se utilizará cobre o acero inoxidable en el circuito primario. Se admiten tuberías de material plástico acreditado apto para esta aplicación.

En las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el acero negro, el cobre y el acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva. Se admite material plástico acreditado apto para esta aplicación.

En el circuito secundario o de servicio de agua caliente sanitaria podrá utilizarse cobre y acero inoxidable. Además, podrán utilizarse materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan las normas UNE que le sean de aplicación y esté autorizada su utilización por las Compañías de suministro de agua potable.

Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y uniones por capilaridad (UNE 37153). No se utilizarán tuberías de acero negro para circuitos de agua sanitaria.

El diámetro de las tuberías se seleccionará de forma que la velocidad de circulación del fluido sea inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados y a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.

El dimensionado de las tuberías se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal.

5.7. VÁLVULAS

La elección de las válvulas se realizará de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento (presión y temperatura), siguiendo preferentemente los criterios que a continuación se citan:

- Para aislamiento: válvulas de esfera.
- Para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.

- Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- Para llenado: válvulas de esfera.
- Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho
- Para seguridad: válvulas de resorte.
- Para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta o especiales para sistemas por termosifón.

A los efectos de este PCT no se permitirá la utilización de válvulas de compuerta.

El acabado de las superficies de asiento y obturador debe asegurar la estanquidad al cierre de las válvulas, para las condiciones de servicio especificadas.

Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso se sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

Las válvulas de retención se situarán en la tubería de impulsión de la bomba, entre la boca y el manguito antivibratorio, y en cualquier caso, aguas arriba de la válvula de interceptación.

5.8. VASO DE EXPANSIÓN

La tubería de conexión del vaso de expansión no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso.

Los datos que sirven de base para la selección del vaso son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento, para la cual se asumirá el valor de 4°C, a la que corresponde la máxima densidad.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.
- Presiones mínima y máxima de servicio, en bar, cuando se trate de vasos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del vaso y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento.

El volumen de dilatación será, como mínimo, igual al 4,3 % del volumen total de fluido en el circuito primario.

Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío en el punto más alto del circuito no sea inferior a 1,5 kg/cm², y la presión máxima en caliente en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo de los componentes.

El dispositivo de expansión cerrado del circuito de captadores deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de

potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

5.9. AISLAMIENTO

El aislamiento de acumuladores cuya superficie sea inferior a 2 m² tendrá un espesor mínimo de 30 mm, para volúmenes superiores el espesor mínimo será de 50 mm.

El espesor del aislamiento del cambiador de calor no será inferior a 20 mm.

Los espesores de aislamiento (expresados en mm) de tuberías y accesorios situados al interior no serán inferiores a los valores de la tabla 3.

Tabla 3. Espesores de aislamiento en función de la temperatura del fluido

Fluido interior caliente				
Diámetro exterior (mm)	Temperatura del fluido (°C)			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	150 a 200
D ≤ 35	20	20	30	40
35 < D ≤ 60	20	30	40	40
60 < D ≤ 90	30	30	40	50
90 < D ≤ 140	30	40	50	50
140 < D	30	40	50	60

Para tuberías y accesorios situados al exterior, los valores de la tabla 3 se incrementarán en 10 mm como mínimo.

El material aislante se sujetará con medios adecuados de forma que no pueda desprenderse de las tuberías o accesorios.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes.

5.10. PURGA DE AIRE

En general, el trazado del circuito evitará los caminos tortuosos, para favorecer el desplazamiento del aire atrapado hacia los puntos altos.

Los trazados horizontales de tubería tendrán siempre una pendiente mínima del 1 % en el sentido de circulación.

Los purgadores automáticos deberán soportar, al menos, la temperatura de estancamiento del captador.

5.11. SISTEMA DE LLENADO

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general, es recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice un

fluido para el circuito primario cuyas características incumplan este Pliego de Condiciones Técnicas.

En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento.

Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo.

5.12. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control incluirá señalizaciones luminosas de la alimentación del sistema del funcionamiento de bombas.

El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control estará, como mínimo, entre -10 °C y 50 °C.

Los sensores de temperaturas soportarán las máximas temperaturas previstas en el lugar en que se ubiquen. Deberán soportar sin alteraciones de más de 1 °C las siguientes temperaturas en función de la aplicación:

- A.C.S. y calefacción por suelo radiante y "fan-coil": 100 °C
- Refrigeración/calefacción: 140 °C
- Usos industriales: función de la temperatura de uso

La localización e instalación de los sensores de temperatura deberá asegurar un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la misma. Para conseguirlo en el caso de las de inmersión se instalarán en contracorriente con el fluido. Los sensores de temperatura deberán estar aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean.

La ubicación de las sondas ha de realizarse de forma que éstas midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos.

Preferentemente las sondas serán de inmersión. Se tendrá especial cuidado en asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

5.13. SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

El sistema de monitorización realizará la adquisición de datos, al menos, con la siguiente frecuencia:

- Toma de medidas o estados de funcionamiento: cada minuto
- Cálculo de medias de valores y registro: cada 10 minutos
- Tiempo de almacenamiento de datos registrados: mínimo 1 año

Las variables analógicas que deben ser medidas por el sistema de monitorización serán seis como mínimo, y entre las cuales deberán estar las cuatro siguientes:

- Temperatura de entrada de agua fría
- Temperatura de suministro de agua caliente solar
- Temperatura de suministro de agua caliente a consumo
- Caudal de agua de consumo

El sistema de monitorización registrará, con la misma frecuencia, el estado de funcionamiento de las bombas de circulación de primario y secundario, la actuación de las limitaciones por máxima o mínima y el funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

Opcionalmente, el sistema de monitorización medirá, además, las siguientes variables:

- Temperatura de entrada a captadores
- Temperatura de salida de captadores
- Temperatura de entrada secundario
- Temperatura de salida secundario
- Radiación global sobre plano de captadores
- Temperatura ambiente exterior
- Presión de agua en circuito primario
- Temperatura fría del acumulador
- Temperatura caliente del acumulador
- Temperaturas de salidas de varios grupos de captadores
- Variables que permitan el conocimiento del consumo energético del sistema auxiliar

El tratamiento de los datos medidos proporcionará, al menos, los siguientes resultados:

- Temperatura media de suministro de agua caliente a consumo
- Temperatura media de suministro de agua caliente solar
- Demanda de energía térmica diaria
- Energía solar térmica aportada
- Energía auxiliar consumida
- Fracción solar media
- Consumos propios de la instalación (bombas, controles, etc.)

Con los datos registrados se procederá al análisis de resultados y evaluación de las prestaciones diarias de la instalación.

5.14. EQUIPOS DE MEDIDA

Medida de temperatura

Las medidas de temperatura se realizarán mediante sensores de temperatura.

La medida de la diferencia de temperatura entre dos puntos del fluido de trabajo se realizará mediante los citados sensores de temperatura, debidamente conectados, para obtener de forma directa la lectura diferencial.

En lo referente a la colocación de las sondas, han de ser preferentemente de inmersión y situadas a una distancia máxima de 5 cm del fluido cuya temperatura se pretende medir. Las vainas destinadas a alojar las sondas de temperatura deben introducirse en las tuberías siempre en contracorriente y en un lugar donde se creen turbulencias.

Medida de caudal

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo, de forma que la precisión sea igual o superior a $\pm 3\%$ en todos los casos.

Se suministrarán los siguientes datos que deberán ser facilitados por el fabricante:

- Calibre del contador
- Temperatura máxima del fluido
- Caudales:
 - en servicio continuo
 - máximo (durante algunos minutos)
 - mínimo (con precisión mínima del 5 %)
 - de arranque
- Indicación mínima de la esfera
- Capacidad máxima de totalización
- Presión máxima de trabajo
- Dimensiones
- Diámetro y tipo de las conexiones
- Pérdida de carga en función del caudal

Cuando exista, el medidor se ubicará en la entrada de agua fría del acumulador solar.

Medida de energía

Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:

- Contador de caudal de agua, descrito anteriormente.
- Dos sondas de temperatura.
- Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.

En función de la ubicación de las dos sondas de temperatura, se medirá la energía aportada por la instalación solar o por el sistema auxiliar. En el primer caso, una sonda de temperatura se situará en la entrada del agua fría del acumulador solar y otra en la salida del agua caliente del mismo.

Para medir el aporte de energía auxiliar las sondas de temperatura se situarán en la entrada y salida del sistema auxiliar.

El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperaturas por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía aportada.

6. CONDICIONES DE MONTAJE

6.1. GENERALIDADES

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

Es responsabilidad del suministrador comprobar que el edificio reúne las condiciones necesarias para soportar la instalación, indicándolo expresamente en la documentación.

Es responsabilidad del suministrador el comprobar la calidad de los materiales y agua utilizados, cuidando que se ajusten a lo especificado en estas normas, y el evitar el uso de materiales incompatibles entre sí.

El suministrador será responsable de la vigilancia de sus materiales durante el almacenaje y el montaje hasta la recepción provisional.

Las aperturas de conexión de todos los aparatos y máquinas deberán estar convenientemente protegidas durante el transporte, el almacenamiento y el montaje, hasta tanto no se proceda a su unión, por medio de elementos de taponamiento de forma y resistencia adecuada para evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades dentro del aparato.

Durante el montaje, el suministrador deberá evacuar de la obra todos los materiales sobrantes de trabajos efectuados con anterioridad, en particular de retales de conducciones y cables.

Asimismo, al final de la obra, deberá limpiar perfectamente todos los equipos (captadores, acumuladores, etc.), cuadros eléctricos, instrumentos de medida, etc. de cualquier tipo de suciedad, dejándolos en perfecto estado.

Antes de su colocación, todas las canalizaciones deberán reconocerse y limpiarse de cualquier cuerpo extraño, como rebabas, óxidos, suciedades, etc.

La alineación de las canalizaciones en uniones y cambios de dirección se realizará con los correspondientes accesorios y/o cajas, centrando los ejes de las canalizaciones con los de las piezas especiales, sin tener que recurrir a forzar la canalización.

La instalación de los equipos, válvulas y purgadores permitirá su posterior acceso a las mismas a efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.

Una vez instalados, se procurará que las placas de características de los equipos sean visibles.

Los circuitos de distribución de ACS se protegerán contra la corrosión por medio de ánodos de sacrificio.

Todos los equipos y circuitos podrán vaciarse total o parcialmente, realizándose esto desde los puntos más bajos de la instalación.

Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.

6.2. MONTAJE DE ESTRUCTURA SOPORTE Y CAPTADORES

Si los captadores son instalados en los tejados de edificios deberá asegurarse la estanquidad en los puntos de anclaje.

La instalación permitirá el acceso a los captadores de forma que su desmontaje sea posible en caso de rotura, pudiendo desmontar cada captador con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

El suministrador evitará que los captadores queden expuestos al sol por períodos prolongados durante el montaje. En este período las conexiones del captador deben estar abiertas a la atmósfera, pero impidiendo la entrada de suciedad.

Terminado el montaje, durante el tiempo previo al arranque de la instalación, si se prevé que éste pueda prolongarse, el suministrador procederá a tapar los captadores.

6.3. MONTAJE DE ACUMULADOR

La estructura soporte para depósitos y su fijación se realizará según la normativa vigente.

La estructura soporte y su fijación para depósitos de más de 1000 litros situados en cubiertas o pisos deberá ser diseñada por un profesional competente. La ubicación de los acumuladores y sus estructuras de sujeción cuando se sitúen en cubiertas de piso tendrá en cuenta las características de la edificación, y requerirá para depósitos de más de 300 litros el diseño de un profesional competente.

6.4. MONTAJE DEL INTERCAMBIADOR

Se tendrá en cuenta la accesibilidad del intercambiador para operaciones de sustitución o reparación.

6.5. MONTAJE DE LAS BOMBAS

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.

Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.

Todas las bombas estarán dotadas de tomas para la medición de presiones en aspiración e impulsión.

Todas las bombas deberán protegerse, aguas arriba, por medio de la instalación de un filtro de malla o tela metálica.

6.6. MONTAJE DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Antes del montaje deberá comprobarse que las tuberías no estén rotas, fisuradas, dobladas, aplastadas, oxidadas o de cualquier manera dañadas.

Se almacenarán en lugares donde estén protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rodaduras y arrastres, que podrían dañar la resistencia mecánica, las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anti-corrosión.

Las piezas especiales, manguitos, gomas de estanquidad, etc. se guardarán en locales cerrados.

Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.

La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no debe ser inferior a las siguientes:

- 5 cm para cables bajo tubo con tensión inferior a 1000 V.
- 30 cm para cables sin protección con tensión inferior a 1000 V.
- 50 cm para cables con tensión superior a 1000 V.

No se permitirá la instalación de tuberías en huecos y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación, chimeneas y conductos de climatización o ventilación.

Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.

Las conexiones de componentes al circuito deben ser fácilmente desmontables por bridas o racores, con el fin de facilitar su sustitución o reparación.

Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con una pendiente ascendente, en el sentido de circulación, del 1 %.

Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.

Las uniones de tuberías de cobre se realizarán mediante manguitos soldados por capilaridad.

El dimensionado, distancia y disposición de los soportes de tubería se realizará de acuerdo con las prescripciones de UNE 100.152.

Durante el montaje de las tuberías se evitarán en los cortes para la unión de tuberías, las rebabas y escorias.

Los sistemas de seguridad y expansión se conectarán de forma que se evite cualquier acumulación de suciedad o impurezas.

Las dilataciones que sufren las tuberías al variar la temperatura del fluido deben compensarse a fin de evitar roturas en los puntos más débiles, que suelen ser las uniones entre tuberías y aparatos, donde suelen concentrarse los esfuerzos de dilatación y contracción.

En los trazados de tuberías de gran longitud, horizontales o verticales, se compensarán los movimientos de tuberías mediante dilatadores axiales.

6.7. MONTAJE DEL AISLAMIENTO

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio.

Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento térmico en los soportes de las conducciones, que podrán estar o no completamente envueltos por el material aislante.

Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, así como válvulas de desagües, volante, etc., deberán quedar visibles y accesibles.

Cuando el agua pueda arrastrar partículas sólidas en suspensión se instalará un filtro de malla fina antes del contador, del tamiz adecuado.

6.8. MONTAJE DE CONTADORES

Se instalarán siempre entre dos válvulas de corte para facilitar su desmontaje. El suministrador deberá prever algún sistema ("by-pass" o carrete de tubería) que permita el funcionamiento de la instalación aunque el contador sea desmontado para calibración o mantenimiento.

En cualquier caso, no habrá ningún obstáculo hidráulico a una distancia igual, al menos, diez veces el diámetro de la tubería antes y cinco veces después del contador.

7. REQUISITOS TÉCNICOS DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO

7.1 GENERALIDADES

Se realizará un contrato de mantenimiento (preventivo y correctivo) por un período de tiempo al menos igual que el de la garantía.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie útil homologada inferior o igual a 20 m², y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficies superiores a 20 m².

Las medidas a tomar en el caso de que en algún mes del año el aporte solar sobrepase el 110% de la demanda energética o en más de tres meses seguidos el 100 % son las siguientes:

- Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario habrá de ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo en su caso entre las labores del contrato de mantenimiento.
- Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que sigue atravesando el captador).
- Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes o redimensionar la instalación con una disminución del número de captadores.

En el caso de optarse por las soluciones expuestas en los puntos anteriores, deberán programarse y detallarse dentro del contrato de mantenimiento las visitas a realizar para el vaciado parcial / tapado parcial del campo de captadores y reposición de las condiciones iniciales.

Estas visitas se programarán de forma que se realicen una antes y otra después de cada período de sobreproducción energética.

También se incluirá dentro del contrato de mantenimiento un programa de seguimiento de la instalación que prevendrá los posibles daños ocasionados por los posibles sobrecalentamientos producidos en los citados períodos y en cualquier otro período del año.

7.2. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Objeto. El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente.

Criterios generales. Se definen tres escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma:

- a) Vigilancia
- b) Mantenimiento preventivo
- c) Mantenimiento correctivo

7.2.1 Plan de vigilancia

El plan de vigilancia se refiere básicamente a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación sean correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación. Será llevado a cabo, normalmente, por el usuario, que asesorado por el instalador, observará el correcto comportamiento y estado de los elementos, y tendrá un alcance similar al descrito en la tabla 4.

Tabla 4. Inspección visual

<i>Elemento de la instalación</i>	<i>Operación</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados.
	Cristales	3	IV - Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	IV - Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	IV - Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV - Fugas.
	Estructura	3	IV - Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador manual	3	Vaciar el aire del botellín.
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	IV - Temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	IV - Ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte superior del depósito.

7.2.2 Plan de mantenimiento preventivo

Son operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

El mantenimiento preventivo implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para aquellas instalaciones con una superficie de captación inferior a 20 m² y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m².

El plan de mantenimiento debe realizarse por personal técnico especializado que conozca la tecnología solar térmica y las instalaciones mecánicas en general. La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, así como el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil.

En las tablas 5-A, 5-B, 5-C, 5-D, 5-E y 5-F se definen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y descripciones en relación con las prevenciones a observar.

Tabla 5-A. Sistema de captación.

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Captadores	6	IV- Diferencias sobre original.
		IV- Diferencias entre captadores.
Cristales	6	IV- Condensaciones y suciedad.
Juntas	6	IV- Agrietamientos, deformaciones.
Absorbedor	6	IV- Corrosión, deformaciones.
Carcasa	6	IV- Deformación, oscilaciones, ventanas de respiración.
Conexiones	6	IV- Aparición de fugas.
Estructura	6	IV- Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos.
Captadores (*)	12	Tapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Destapado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Vaciado parcial del campo de captadores
Captadores (*)	12	Llenado parcial del campo de captadores

IV: Inspección visual

(*) Estas operaciones se realizarán, según proceda, en el caso de que se haya optado por el tapado o vaciado parcial de los captadores para prevenir el sobrecalentamiento.

Tabla 5-B. Sistema de acumulación

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo.
Ánodos de sacrificio	12	Comprobación del desgaste.
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento.
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad.

Tabla 5-C. Sistema de intercambio

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Intercambiador de placas	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.
Intercambiador de serpentín	12	CF - Eficiencia y prestaciones.
	12	Limpieza.

CF: Control de funcionamiento.

Tabla 5-D. Circuito hidráulico

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH.
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión.
Aislamiento al exterior	6	IV - Degradación protección uniones y ausencia de humedad.
Aislamiento al interior	12	IV - Uniones y ausencia de humedad.
Purgador automático	12	CF y limpieza.
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín.
Bomba	12	Estanqueidad.
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión.
Vaso de expansión abierto	6	Comprobación del nivel.
Sistema de llenado	6	CF - Actuación.
Válvula de corte	12	CF - Actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento.
Válvula de seguridad	12	CF - Actuación.

CF: Control de funcionamiento.

IV: Inspección visual.

Tabla 5-E. Sistema eléctrico y de control

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está bien cerrado para que no entre polvo.
Control diferencial	12	CF - Actuación.
Termostato	12	CF - Actuación.
Verificación del sistema de medida	12	CF - Actuación.

CF: Control de funcionamiento.

Tabla 5-F. Sistema de energía auxiliar

<i>Equipo</i>	<i>Frecuencia (meses)</i>	<i>Descripción</i>
Sistema auxiliar	12	CF- Actuación.
Sondas de temperatura	12	CF- Actuación.

CF: Control de funcionamiento.

Nota: Para las instalaciones menores de 20 m² se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses.

No se incluyen los trabajos propios del mantenimiento del sistema auxiliar.

Dado que el sistema de energía auxiliar no forma parte del sistema de energía solar propiamente dicho, sólo será necesario realizar actuaciones sobre las conexiones del primero a este último, así como la verificación del funcionamiento combinado de ambos sistemas.

Se deja un mantenimiento más exhaustivo para la empresa instaladora del sistema auxiliar.

7.2.3 Mantenimiento correctivo

Son operaciones realizadas como consecuencia de la detección de cualquier anomalía en el funcionamiento de la instalación, en el plan de vigilancia o en el de mantenimiento preventivo.

Incluye la visita a la instalación, en los mismos plazos máximos indicados en el apartado de Garantías, cada vez que el usuario así lo requiera por avería grave de la instalación, así como el análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la misma.

Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra, ni las reposiciones de equipos necesarias.

8. GARANTÍAS

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje.

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con las mismas. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo o contratar a un tercero para realizar las oportunas reparaciones, sin perjuicio de la ejecución del aval prestado y de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación, lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá el aviso en un plazo de:

- 24 horas, si se interrumpe el suministro de agua caliente, procurando establecer un servicio mínimo hasta el correcto funcionamiento de ambos sistemas (solar y de apoyo).
- 48 horas, si la instalación solar no funciona.
- una semana, si el fallo no afecta al funcionamiento.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que dicha demora sea inferior a 15 días naturales.

1. PRESUPUESTO INSTALACIÓN SOLAR

	Descripción del material	Unidades (ud, m, l)	Precio unidad (€/ud)	Precio total (€)
1	Captador plano Roth F4-Heliostar 218: Instalación tanto en vertical como en horizontal. Superficie: 2,18m ² bruta, 1,95m ² absorbadora. Medidas: 1820 x 1200 x 108 mm. Peso 33,9kg	3	655	1965
2	Juego anclajes universales base - vertical: formado por 6 anclajes incluidos tornillos de sujeción a hormigón. Valido para teja mixta y plana. Valido para dos captadores en vertical.	1	116	116
3	Juego anclajes universales base - fila: formado por 2 anclajes incluidos tornillos de sujeción a hormigón. Valido para teja mixta y plana. Para captador adicional en vertical.	1	41,6	41,6
4	Tubería de cobre 18 x 16mm: diámetro interior 16mm exterior 18 mm	30	2,56	76,8
5	Conexiones en T de cobre 18 x 16 mm: diámetro interior 16mm exterior 18 mm	5	5,48	27,4
6	Racor reductor de cobre 18 x 22: adaptador para la unión de tuberías de cobre de 18 mm diámetro exterior con tuberías de cobre diámetro 22mm.	10	3,34	33,4
7	Coquilla aislante Roth 32 x 18 para exteriores: Aislamiento térmico flexible de EPDM, de celdas cerradas y cucho sintético. Resistente a los rayos UV. Barras de 2 m. Conductividad térmica a +10°C, $\lambda = 0,035 \text{ W/mK}$	3 (6 m)	15,43	46,29
8	Aislante interno: Fabricado en caucho sintético expandido para tubería de cobre de 18mm diámetro externo. Espesor 30 mm. Barras de 2m	12 (24 m)	3,6	43,2
9	Aditivo caloportante azul glycol garrafa 10 litros: para captadores, mezclar directamente con el agua, protege al circuito solar contra la corrosión o heladas. No apto para consumo humano.	1	85	85
10	Deposito acumulador SMS DUO 1HLA-400: Fabricado en acero con doble capa de recubrimiento de esmalte vitrificado al vacío. Intercambiador de calor en serpentín de acero ST-37 de gran superficie de intercambio, 5m ² . Incluyen: Ánodo de magnesio, termómetro, aislante térmico de espuma de poliuretano y funda libre de CFC/FCKW. Pérdidas 2,5 kWh/24h. Rendimiento permanente 116 kW.	1	1139	1139

11	Bomba Grundfos UPS solar 25-120: Eje y cojinete radiales de cerámica. Cojinete de fondo de carbono. Camisa del rotor y placa soporte de acero inoxidable. Impulsor resistente a la corrosión. Componentes resistentes al glycol. Cuerpo de bomba de fundición tratado por cataforesis. Tensión 230 V 50 Hz. Presión máxima 10 bar. Rango temperaturas 2 - 110°C.	1	718,7	718,7
12	Vaso expansión Ibaiondo 5SMF 5 litros: Vasos de expansión de acero inoxidable. Provisos de membrana de butilo recambiable, homologada. Temperatura máxima trabajo: +99°C, aguanta picos de 130°C al menos durante 1 hora. Presión máxima 10bar. Dimensiones: diametro200 altura 240. Racor conexión de agua diámetro 3/4" M.	1	16,57	16,57
13	Centralita control solar Roth BW/H: Display gráfico iluminado con representación de la instalación, 9 sistemas de base. Reloj horario para la bomba solar, función de captadores de vacío, regulación de velocidad y balance de energía. Limitación de temperatura de captador y acumulador, sistema de protección antihielo, función de vacaciones (refrigeración del acumulador). Incluidas 3 sondas PT 1000. 12 entradas y 9 salidas de relé. Dimensiones: 260 x 216 x 64 mm.	1	278	278
14	Sondas de temperatura inmersión PT 1000: Sonda de temperatura para captador y depósito, 6mm de diámetro, con 2,5 m de cable de silicona, estabilizado para temperaturas de hasta 180°C.	3	27,2	0
15	Válvula mezcladora Roth para ACS 3 vías: Regula la temperatura de ACS entre 35°C y 55°C. Con racores de unión para soldar tubería de cobre de 22 mm.	1	134	134
16	Válvula 2 vías Roth 3/4" K_{vs} 5,3: Válvulas de corte de 2 vías para regulación todo-nada (abierto - cerrado) en instalaciones de calefacción y agua fría. Diseñadas para instalaciones solares (llegan a soportar puntas de temperatura de 120°C)	1	87	87
17	Válvulas de corte de esfera: Válvulas de corte de esfera para aislar partes del circuito.	4	27,39	109,56
18	Válvulas anti retorno: Válvulas anti retorno diámetro interior 16 mm con muelle.	3	26,76	80,28
19	Válvula de seguridad 6bar: Cuerpo en latón. Conexiones hembra - hembra. Cromado. Conexión 1/2" H x 3/4" H. Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 160°C.	2	27,8	55,6
20	Cableado eléctrico flexible H05V-K: Conductor de cobre electrolítico cubierto con aislamiento de PVC. Diámetro 2,5mm. T ^a máxima de trabajo 70°C.	100	0,39	39

21	Tubo eléctrico corrugado M25: Material PVC rígido, curvable. Resistencia a la compresión > 320N. Temperatura mínima y máxima de utilización -5 y 60°C. No es propagador de la llama. Color negro. Rollo 75 m.	1 (75m)	42,6	42,6
22	Regletas de conexión 25mm: Flexible y de fácil corte. 12 elementos con tornillos imperdibles. UNE-EN 60998-1:1994 + A1:2002 + UNE-EN 60998-2-1:1996. Color blanco. Temperatura de trabajo: 110 °C (UL-V0). Material: Poliamida 6	4	3,8	15,2
Total Instalación Solar			5.150,20 €	

2. PRESUPUESTO INSTALACIÓN SUELO RADIANTE

	Descripción del material	Unidades (ud, m, l)	Precio unidad (€/ud)	Precio total (€)
1	Colectores HKV: Colector de ida y retorno en latón, rosca macho 1" en ambos lados y salida a circuitos con conexión cónica 3/4". Colector de ida con detentes regulables con llave allen, para equilibrado hidráulico de los circuitos. Colector de retorno con válvulas termostatzables M30 con caperuza de cierre manual, sustituible por actuador electrotérmico. Soporte insonorizado.	1 (3 salidas)	132,1	132,1
		1 (4 salidas)	153,2	153,2
		1 (5 salidas)	175	175
2	Caja empotrable para colectores: Cajas empotrables con marco frontal y puerta extraíble lacados en blanco. Fondo 80-100mm y altura de 705-775mm regulables. Chapa frontal guía para mortero y media caña protectora del tubo, extraíbles. Modelo H400 para colector de 3 salidas, H500 para colector de 4 salidas y H600 para colector de 5 salidas.	1 (3 salidas)	101,5	101,5
		1 (4 salidas)	107,5	107,5
		1 (5 salidas)	116,3	116,3
3	Actuador, cabezal electrotérmico universal Roth: Para el control de cada circuito. Sistema de conexión rápida M30 o M28, según modelo, para montaje sobre válvulas del distribuidor o para las válvulas de zona y de 3 vías. Ajuste NC (sin tensión, válvula cerrada). Con cable de conexión. Tiempo de apertura/cierre de 3 min aprox. Incorpora adaptador elevador para colectores plásticos modulares.	3	35,5	106,5

4	Serpentín Roth PE-Xc EVOH 16 x 1,8: Diámetro interior 12,4mm exterior 16mm. Tubos de PE-Xc de polietileno reticulado por radiación de electrones y una capa de barrera EVOH que aporta una barrera de oxígeno evitando problemas de corrosión. Temperatura máxima de trabajo 95°C. Presión máxima de trabajo 8 bar a 80°C. Radio de curvatura 5xD. Rugosidad interna en µm 1,5. Coeficiente de dilatación en mm/mK 0,15. Conductividad térmica en W/mK 0,41. Peso en g/m 95. Volumen interno en l/m 0,113.	830	1,3	1079
5	Placas aislamiento Roth PST 25: Compuesta por espuma de poliestireno expandido según norma UNE EN 13163. Un film plástico adherido al poliestireno actúa de barrera antivapor. Dimensiones 1000x1000x25/27mm. Resistencia mínima a compresión 100kPa. Aislamiento acústico 22dB. Resistencia térmica 0,70 m ² K/W. Autoextinguible.	153	9,3	1422,9
6	Solera: Mortero 7cm con aditivo para suelo radiante. Mano de obra incluida en el precio.	153	10	1530
7	Grapas de fijación Rothaflex: Original y patentada. Con púa de tope y doble arpón para la perfecta fijación del tubo. Color negro. Apta para tubería de sección 16,17 y 20mm. Cantidad útil: 3 grapas por metro lineal de tubería.	2490	0,1	249
8	Tubería distribución Roth PE-Xc EVOH 32 x 3: Diámetro interior 26mm exterior 32mm. Tubos de PE-Xc de polietileno reticulado por radiación de electrones y una capa de barrera EVOH que aporta una barrera de oxígeno evitando problemas de corrosión. Temperatura máxima de trabajo 95oC. Presión máxima de trabajo 6bar a 80oC. Radio de curvatura 5xD. Rugosidad interna en µm 1,5. Coeficiente de dilatación en mm/mK 0,15. Conductividad térmica en W/mK 0,41. Peso en g/m 274. Volumen interno en l/m 0,531.	33	5,3	174,9
9	Tubería cobre sala calderas 32 x 3: Diámetro interior 26mm exterior 32mm.	5	8,32	41,6
10	Bomba Grundfos UPS Solar 25-120: Eje y cojinete radiales de cerámica. Cojinete de fondo de carbono. Camisa del rotor y placa soporte de acero inoxidable. Impulsor resistente a la corrosión. Componentes resistentes al glycol. Cuerpo de bomba de fundición tratado por cataforesis. Tensión 230 V 50 Hz. Presión máxima 10 bar. Rango temperaturas 2 - 110oC.	1	718	718

11	Vaso expansión Ibaiondo 24AMR-E-B de 24 litros: Vasos de expansión de acero inoxidable. Provistos de membrana de butilo recambiable, homologada. Temperatura máxima trabajo: +99°C, aguanta picos de 130°C al menos durante 1 hora. Presión máxima 10bar. Dimensiones: diametro200 altura 240. Racor conexión de agua diámetro 3/4" M.	1	33,22	33,22
12	Centralita Roth RVA-1: Central de regulación digital para control de instalaciones de suelo radiante y ACS. Optimiza la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior. Controla la impulsión mediante una salida para válvula mezcladora a 3 puntos. En el display se pueden realizar todas las programaciones-ajuste de hora, periodos de calefacción y ACS, ajuste de temperaturas-. Formada por un cuadro de control digital, base para su conexión y montaje en la pared, sonda exterior y sonda impulsión de contacto.	1	755,8	755,8
13	Termostato ambiente digital Roth: Indicación en pantalla de la temperatura ambiente, temperatura de consigna, estado de contacto y cambio de pilas (LB). Interruptor marcha/paro. Temperatura de regulación: 5 - 35°C. Diferencial: 0,3°C.	3	51,2	153,6
14	Válvula 3 vías asiento c/servo mezcladora DN 32 K_v 16: Conjunto compuesto por válvula de esfera mezcladora de 3 vías, fabricada en latón niquelado y servomotor eléctrico a 3 puntos, alimentación 230V. La junta del asiento es de teflón para conseguir un cierre total, eje de acero inoxidable y, sellado de latón con junta tórica de EPDM. Obturador de latón reforzado, perforado ara conseguir una reducción sonora a la vez que proporcionar una mezcla homogénea. Conexiones roscadas con asiento plano.	1	335	335
15	Separador hidráulico con aislamiento 1": Dispositivo rompedor de presión para instalaciones de calefacción y refrigeración. Formado por un cuerpo de acero inoxidable de 2" y cuatro conexiones hembra en 1". Incluye purgador, válvula de vaciado y cubierta termoaislante. Especialmente indicado para evitar problemas de cavitación y averías en instalaciones en que haya bombas en serie. Por ejemplo bomba caldera mural y bomba circuito suelo radiante.	1	230	230
16	Sonda temperatura inversión PT 1000: Sonda de temperatura para captador y depósito, 6mm de diámetro, con 2,5 m de cable de silicona, estabilizado para temperaturas de hasta 180°C.	2	27,2	54,4

17	Sonda exterior Rothaclima plus: Mide la temperatura exterior y manda la señal a la centralita RVA-1 que adecua la temperatura de impulsión según las necesidades del clima.	1	83,5	83,5
18	Válvulas de corte de esfera 3/4": Válvulas de corte de esfera para aislar partes del circuito.	13	29,89	388,57
19	Válvulas anti retorno: Válvulas anti retorno diámetro hembra 32 mm con muelle.	8	36,57	292,56
20	Codos 90° diámetro 32mm de cobre	6	6,94	41,64
21	Conexiones T diámetro 32mm de cobre	3	10,99	32,97
22	Cableado eléctrico flexible H05V-K: Conductor de cobre electrolítico cubierto con aislamiento de PVC. Diámetro 2,5mm. Temperatura máxima de trabajo 70°C.	200	0,39	78
23	Tubo eléctrico corrugado M25: Material PVC rígido, curvable. Resistencia a la compresión > 320N. Temperatura mínima y máxima de utilización -5 y 60°C. No es propagador de la llama. Color negro. Rollo 75mts.	1 (75 mts)	42,6	42,6
24	Regletas de conexión 25mm: Flexible y de fácil corte. 12 elementos con tornillos imperdibles. UNE-EN 60998-1:1994 + A1:2002 + UNE-EN 60998-2-1:1996. Color blanco. Temperatura de trabajo: 110 °C (UL - V0). Material: Poliamida 6	6	3,8	22,8
Total Instalación Suelo Radiante			8.535,86 €	

3. PRESUPUESTO INSTALACIÓN DE GAS

	Descripción del material	Unidades (ud, m, l)	Precio unidad (€/ud)	Precio total (€)
1	Caldera Novanox 24/24	1	1562	1562
2	Tubo salida humos 80x1,5mm	4	16,57	66,28
3	Codos tubo salida de humos	3	9,53	28,59
4	Deflector tres anillos 80mm	1	7,84	7,84
5	Válvula corte gas 20 mm	2	12,2	24,4
6	Tubería cobre gas 20 mm	20	6,47	129,4
7	Codos cobre	5	4,69	23,45
8	Abrazaderas metálicas para tubería cobre 22mm	1caja/ 100	12,35	12,35
9	Abrazaderas metálicas para tubería salida humos 80mm	5	3,4	17
Total Instalación de Gas			1.871,31 €	

4. TOTAL PRESUPUESTO

Total Instalación Solar	5.150,20 €
Total Instalación Suelo Radiante	8.535,86 €
Total Instalación de Gas	1.871,31 €

TOTAL EJECUCIÓN DE MATERIALES **15.557,37 €**

Beneficio Industrial (6%) 933,44 €

Gastos generales (3%) 466,72 €

IVA (18%) 2.800,33 €

TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN **19.757,86 €**

El presupuesto total de ejecución asciende a DIECINUEVE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y SIETE CON OCHENTA Y SEIS CENTIMOS DE EURO.

ÍNDICE

1. NORMATIVA	1
2. LIBROS	3
3. PUBLICACIONES Y CATÁLOGOS	3
4. PÁGINAS WEB	4

1. NORMATIVA

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus instrucciones técnicas.

Código técnico de la edificación, documento básico de ahorro de energía.

**Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
(CTE-HE4)**

Código técnico de la edificación, documento básico sobre salubridad (CTE-HS)

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT)

Reglamento de Recipientes a Presión (RAP).

Ordenanzas de Seguridad e Higiene en el Trabajo (OSHT).

Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).

Ley número 88/67 de 8 de noviembre: *Sistema Internacional de Unidades de Medida SI.*

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Orden 28 de julio de 1980, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los paneles solares.

Orden ITC/71/2007, de 22-01-2007, por la que se modifica el anexo de la Orden 28-07-1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.

Orden ITC/2761/2008, de 26 de septiembre, por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de paneles solares.

UNE-EN 12007: Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación inferior o igual a 16bar. Parte 2: Recomendaciones funcionales específicas para el polietileno (MOP inferior o igual a 10 bar).

UNE-EN 12186: Sistemas de distribución de gas. Estaciones de regulación de presión de gas para el transporte y la distribución. Requisitos de funcionamiento.

UNE-EN 12327: Sistemas de suministro de gas. Ensayos de presión, puesta en servicio y fuera de servicio. Requisitos de funcionamiento.

[CTN: AEN/CTN 60 - COMBUSTIBLES GASEOSOS E INSTALACIONES Y APARATOS DE GAS](#)

UNE-EN 1594: Sistemas de suministro de gas. Canalizaciones con presión máxima de operación superior a 16bar. Requisitos funcionales.

UNE-EN 60310: Canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión máxima de operación superior a 5 bar y hasta 16 bar.

UNE-EN 60311: Canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión máxima de operación hasta 5 bar.

UNE-EN 60312: Estaciones de regulación para canalizaciones de distribución de combustibles gaseosos con presión de entrada no superior a 16 bar.

2. LIBROS Y APUNTES

Energía solar térmica

Prensa Universitaria de Zaragoza
Ignacio Zabalza Bribián y Alfonso Aranda Usón

Instalaciones de calefacción, Tema VIII

UOC
Marti Rosas i Casals

Apuntes asignatura Cálculo de fluidos incompresibles

UPNA
Profesor: Eduardo Perez de Eulate

Apuntes asignatura Climatización

UPNA
Profesor: J.J. Aguas Alcalde

3. MANUALES Y CATÁLOGOS

Energía Solar Térmica Roth Spain

Tarifa Suelo Radiante 09 Roth
Tarifa Energía Solar Termica09
Manual técnico suelo radiante

Manual Técnico Suelo Radiante Uponor

GRUNDFOS

Catálogos e información técnica de bombas

Interacumuladores solares NAU

Catálogo

Armarios regulación de gas AENOR

Catálogo

Calderas BAXIROCA

Catálogo
Información técnica

4. PÁGINAS WEB

Energía Solar Térmica

www.idae.es

www.soloarquitectura.com

www.solarweb.net

Calefacción suelo radiante

http://germans-segarra.cat/docs/MT_climatizacion_invisible.pdf

(http://www.roth-spain.com/files/Manual_Tecnico_ClimaComfort.pdf)

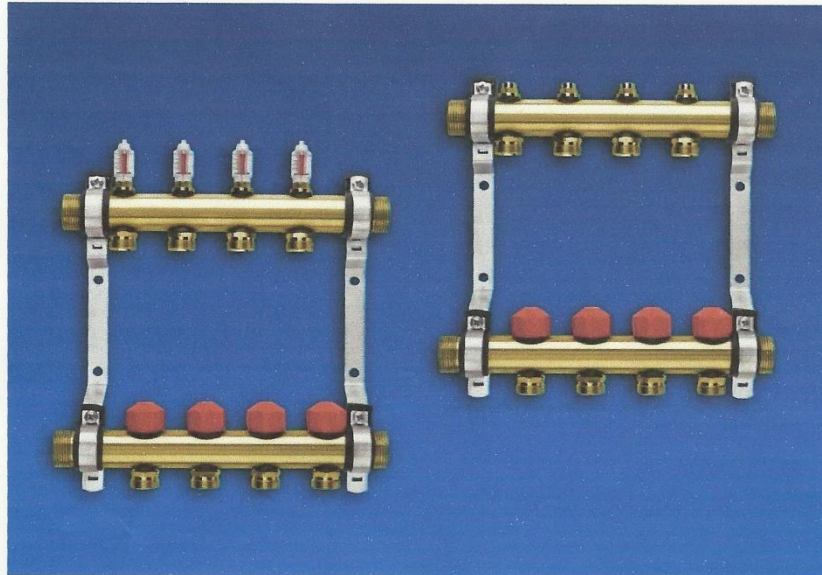
<http://www.mityc.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/CondicionesClimaticas.pdf>

ANEJO 1. CATÁLOGOS

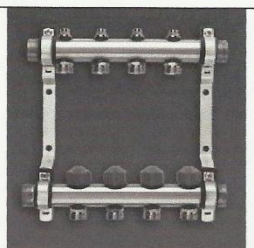
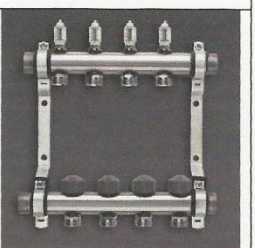
COLECTOR COMPACTO HKV / HKV-CL

INFORMACIÓN TÉCNICA

Roth



▪ Datos técnicos

	HKV	HCV-CL
		
Material	Latón	
Número de circuitos	2 – 12	
Distancia entre circuitos	54mm	
Conexión a salida circuitos	3/4" Eurocono	
Conexión al colector	1" (macho)	
Presión max	6 bar	
Temperatura max	70° C	
Conexión para actuador	M30x1,5	
Caudal max	4 l/min	

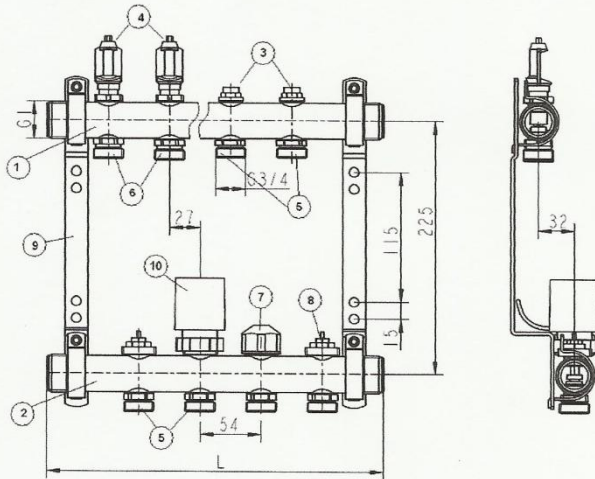
Sistemas de Suelo Radiante y Fontanería

COLECTOR COMPACTO HKV / HKV-CL

INFORMACIÓN TÉCNICA



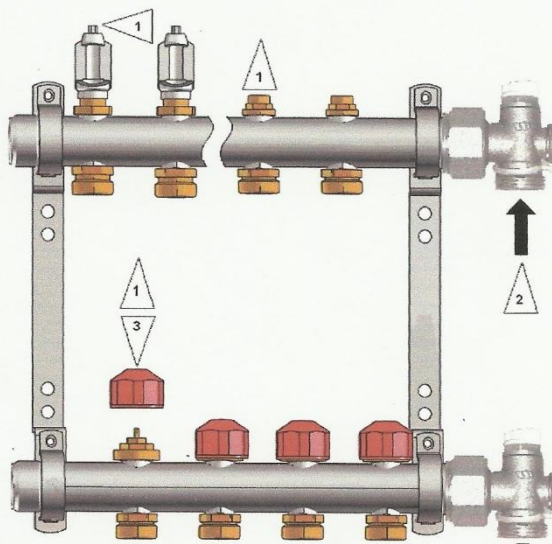
Medidas



1. Colector de ida
2. Colector retorno
3. Detentor
4. Caudalímetro
5. conexión $\frac{3}{4}$
6. conexión $\frac{3}{4}$
7. Tapón protector
8. Válvula termostatable
9. Soporte
10. Actuador

Nº salidas	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
L (mm)	190	244	298	352	406	460	514	568	622	676	730
Con purgador	250	304	358	412	466	520	574	628	682	736	790

Llenado



1. Quitar tapón protector, abrir caudalímetro o detentor.
2. Llenar circuito a circuito siempre por el colector de ida
3. Cerrar tapón protector

Repetir pasos 1-3 con todos los circuitos.

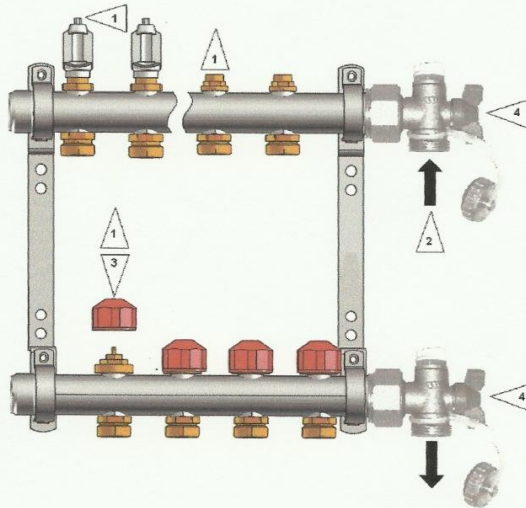
4. Una vez llenos todos los circuitos cerrar la válvula de bola del terminal de llenado-vaciado / purgador.

COLECTOR COMPACTO HKV / HKV-CL

INFORMACIÓN TÉCNICA



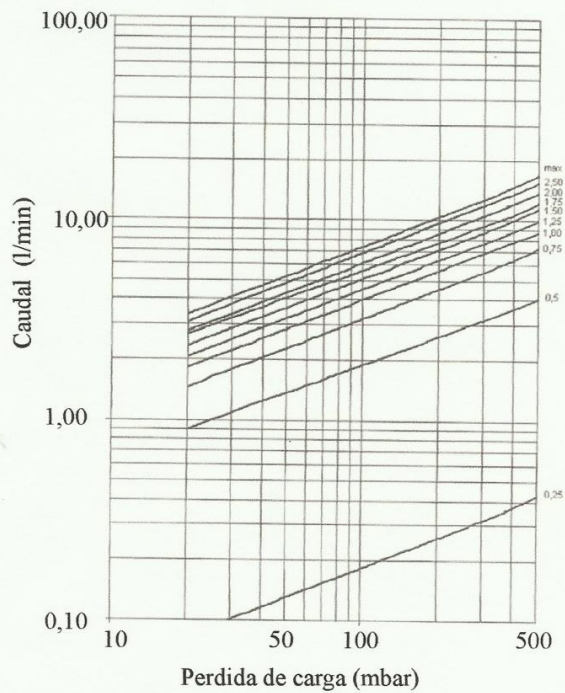
Colector HKV (detentores)



REGULACIÓN

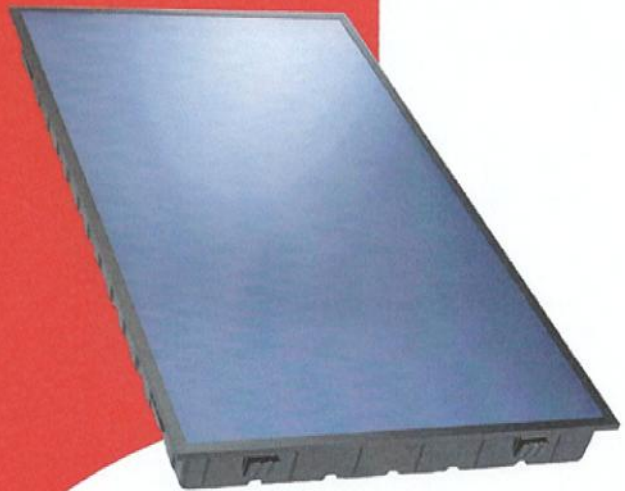
1. Quitar tapón protector del 1º circuito
2. Desbloquear el detentor con una llave allen M5
3. Regular el caudal con una llave allen M4
4. Bloquear el detentor con una llave allen M5
5. Conectar actuadores (opcional)

Gráfica de pérdida de carga según el número de vueltas del detentor



ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Tarifa de Precios 2009 - 2A
Válida desde el 01/10/2009



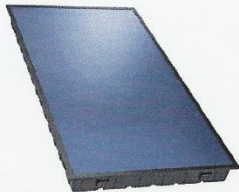

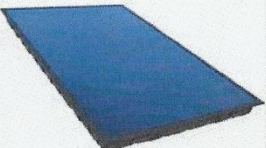

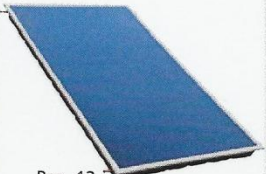

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Captadores Solares Roth			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
CAPTADORES SOLARES ROTH PLANOS CON CARCASA DE POLICARBONATO			
Carcasa de policarbonato de alta calidad con marco de aluminio anodizado, resistente a las inclemencias meteorológicas y a los cambios de temperatura. Absorbedor de aluminio con recubrimiento altamente selectivo al vacío y lámina de vidrio de seguridad.			
CON 2 CONEXIONES			
 Pag. 6 Superficie absorbedora: 2,27m² 2 conexiones	Captador plano Roth F3-Heliostar 252 Para su instalación tanto en vertical como en horizontal. Superficie: 2,52m ² bruta, 2,29m ² apertura, 2,27 m ² absorbedora. Con 2 conexiones. Medidas: 2100 x 1203 x 109 mm Peso 37,7 kg NPS-13807 10 unidades por palé.		€/Ud
	Captador plano Roth F3-Heliostar 252		1135007442
 Pag. 7 Superficie absorbedora: 1,95m² 2 conexiones	Captador plano Roth F4-Heliostar 218 Para su instalación tanto en vertical como en horizontal. Superficie: 2,18m ² bruta, 1,96m ² apertura, 1,95m ² absorbedora. Con 2 conexiones Medidas: 1820 x 1200 x 108 mm Peso 33,9 kg NPS-32407 6 unidades por palé.		€/Ud
	Captador plano Roth F4 - Heliostar 218		1115007682
CON 4 CONEXIONES LATERALES			
 Pag. 12 Superficie absorbedora: 2,27m² 4 conexiones	Captador plano Roth F3S4 18mm-Heliostar 252 S4 18mm Carcasa de policarbonato de alta calidad con marco de aluminio anodizado en color plata, resistente a las inclemencias meteorológicas y a los cambios de temperatura. Absorbedor de aluminio con recubrimiento altamente selectivo al vacío de 2,27 m ² de superficie efectiva y lámina de vidrio de seguridad. Para su instalación únicamente en vertical. Superficie: 2,52m ² bruta, 2,28m ² apertura, 2,27m ² absorbedora. Con 4 conexiones laterales de Cu Ø18mm. Medidas: 2100 x 1200 x 109. Peso: 35,7 kg. 10 unidades por palé.		€/Ud
	Captador plano Roth F3S4-Heliostar 252S4 18mm		1115008465

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Captadores Solares Roth

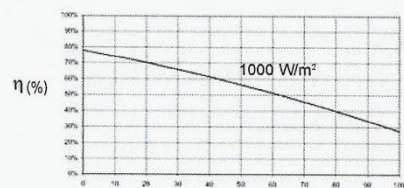
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
CAPTADOR PLANO DE ALTO RENDIMIENTO ROTH F3-HELIOSTAR 252			
	Captador plano Roth F3-Heliostar 252 Carcasa de policarbonato de alta calidad con marco de aluminio anodizado, resistente a las inclemencias meteorológicas y a los cambios de temperatura. Absorbedor de aluminio con recubrimiento altamente selectivo al vacío de 2,27m ² de superficie y lámina de vidrio de seguridad. Para su instalación tanto en vertical como en horizontal. Medidas 2100 x 1203 x 109 mm Peso 37,7 kg NPS - 13807 10 unidades por palé.	 	€/Ud
	Captador plano Roth F3-Heliostar 252		

ROTH F3-Heliostar 252

Especificaciones técnicas

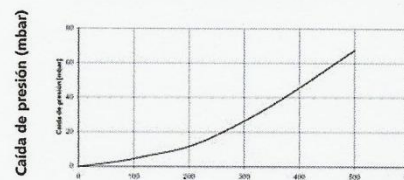
Medidas	2100 x 1200 x 109 mm
Superficie	2,52 m ² bruta
	2,30 m ² apertura
	2,27 m ² absorbadora
Conexiones	2, tamaño 1/2", junta plana
Rendimiento	$\eta_0 = 77,90\%$
	$k1 = 3,56 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
	$k2 = 0,0146 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Peso	37,7 kg
Presión de trabajo (Max)	15 bar
Temperatura de reposo	207°C (bajo la norma EN 12975-2)
Capacidad	1,3 litros
Carcasa	Policarbonato de alta calidad, resistente a las inclemencias meteorológicas y a los cambios de temperatura. Panel aislante posterior 60 mm
Cubierta	Vidrio solar de seguridad, 3,2 mm, bajo en hierro. Transmisión $t = 91,6\%$
Absorbedor	Aluminio con tratamiento altamente selectivo al vacío. Mirotherm.
Absorción	$\alpha = 95\%$
Emisión	$\epsilon = 5\%$
Caloportante	Aditivo para captador solar plano
Alojamiento de la sonda	Interno

Curva de rendimiento (η) del captador plano ROTH F3-Heliostar 252



Diferencial de temperatura captador - ambiente (°K)

Diagrama de pérdida de carga el captador plano ROTH F3-Heliostar 252



Caudal (l/h) de agua-glicol al 40% en volumen a 30°C



ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

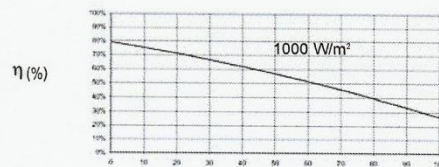
Captadores Solares Roth			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
CAPTADOR PLANO DE ALTO RENDIMIENTO ROTH F4-HELIOSTAR 218			
	<p>Captador plano de alto rendimiento Roth F4-Heliostar 218 Carcasa de policarbonato de alta calidad con marco de aluminio anodizado, resistente a las inclemencias meteorológicas y a los cambios de temperatura. Absorbedor de aluminio con recubrimiento altamente selectivo al vacío de 2 m² de superficie efectiva y lámina de vidrio templado de seguridad. Para su instalación tanto en vertical como en horizontal. Medidas 1820 x 1200 x 108 mm Peso 33,9 kg NPS-32407 6 unidades por palé.</p>	 	€/Ud
	<p>Captador plano Roth F4-Heliostar 218</p>		

ROTH F4-Heliostar 218

Especificaciones técnicas

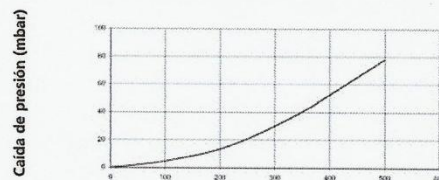
Medidas	1820 x 1200 x 108 mm
Superficie	2,18 m ² bruta 1,96 m ² apertura 1,95 m ² absorbadora
Conexiones	2, tamaño 1/2", junta plana
Rendimiento	$\eta_0 = 79,20\%$ $k_1 = 3,67 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ $k_2 = 0,0157 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Peso	33,9 kg
Presión de trabajo (Max)	15 bar
Temperatura de reposo	207°C (bajo la norma EN 12975-2)
Capacidad	1,1 litros
Carcasa	Policarbonato de alta calidad, resistente a las inclemencias meteorológicas y a los cambios de temperatura. Panel aislante posterior 50 mm
Cubierta	Vidrio solar de seguridad, 3,2 mm, bajo en hierro. Transmisión t = 91,6%
Absorbedor	Aluminio con tratamiento altamente selectivo al vacío. Mirotherm.
Absorción	$\alpha = 95\%$
Emisión	$\epsilon = 5\%$
Caloportante	Aditivo para captador solar plano
Alojamiento de la sonda	Interno

Curva de rendimiento (η) del captador plano ROTH F4-Heliostar 218



Diferencial de temperatura captador - ambiente (°K)

Diagrama de pérdida de carga del captador plano ROTH F4-Heliostar 218



Caudal (l/h) de agua-glicol al 40% en volumen a 30°C



ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Captadores Solares Roth			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
MONTAJE DE CAPTADORES PLANOS ROTH HELIOSTAR SOBRE TEJADO			
	<p>Kit básico montaje sobre tejado en horizontal Heliostar</p> <p>Para un captador Heliostar en horizontal Se compone de: 2 bastidores de aluminio, 1 juego de fijación de captador, juego de terminación en ángulo incluyendo tornillos de fijación y sujeción.</p> <p style="text-align: right;">€/Set</p>		
	Kit básico sobre tejado horizontal Heliostar	1115007875	89,00
	<p>Juego bastidor ST horizontal base Heliostar</p> <p>Para dos captadores Heliostar. Se compone de: 4 bastidores de aluminio, set de unión de perfilada, 2 juegos de fijación del captador, juego de terminaciones en ángulo incluyendo tornillos de fijación, codo de empalme y tornillos de sujeción incluido. 1 manguera flexible corrugada (300mm) de acero inoxidable con rosca 1/2" y aislamiento a los rayos UV. 2 mangueras flexibles corrugadas (900mm) de acero inoxidable con rosca 1/2" y aislamiento a los rayos UV. Juntas 1/2" incluidas.</p> <p style="text-align: right;">€/Set</p>		
	Juego bastidor ST horizontal base Heliostar	1115007445	249,00
	<p>Juego bastidor ST horizontal fila Heliostar</p> <p>Para cada Heliostar adicional. Se compone de: 2 bastidores de aluminio, set de unión de perfilada, juego de fijación del captador incluido, 1 manguera flexible corrugada (300mm) de acero inoxidable con rosca 1/2" y aislamiento a los rayos UV. Juntas incluidas.</p> <p style="text-align: right;">€/Set</p>		
	Juego bastidor ST horizontal fila Heliostar	1115007447	112,00
	<p>Kit básico montaje sobre tejado en vertical Heliostar</p> <p>Para un captador Heliostar en vertical Se compone de: 2 bastidores de aluminio, 1 juego de fijación de captador, juego de terminación en ángulo incluyendo tornillos de fijación y sujeción.</p> <p style="text-align: right;">€/Set</p>		
	Kit básico sobre tejado vertical Heliostar	1115007874	89,00
	<p>Juego bastidor ST vertical base Heliostar</p> <p>Para dos captadores Heliostar. Se compone de: 4 bastidores de aluminio, set de unión de perfilada, 2 juegos de fijación del captador, juego de terminaciones en ángulo incluyendo tornillos de fijación, codo de empalme y tornillos de sujeción incluido. 1 manguera flexible corrugada (300mm) de acero inoxidable con rosca 1/2" y aislamiento a los rayos UV. 2 mangueras flexibles corrugadas (900mm) de acero inoxidable con rosca 1/2" y aislamiento a los rayos UV. Juntas 1/2" incluidas.</p> <p style="text-align: right;">€/Set</p>		
	Juego bastidor ST vertical base Heliostar	1115007446	249,00
	<p>Juego bastidor ST vertical fila Heliostar</p> <p>Para cada Heliostar adicional. Se compone de: 2 bastidores de aluminio, set de unión de perfilada, juego de fijación del captador incluido, 1 manguera flexible corrugada (300mm) de acero inoxidable con rosca 1/2" y aislamiento a los rayos UV. Juntas incluidas.</p> <p style="text-align: right;">€/Set</p>		
	Juego bastidor ST vertical fila Heliostar	1115007448	109,00

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Captadores Solares Roth

Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
MONTAJE DE CAPTADORES PLANOS ROTH HELIOSTAR SOBRE TEJADO			
	Juego anclajes universales base - horizontal Formado por: 6 anclajes Incluidos tornillos de sujeción a hormigón Válido para teja mixta y plana. Para dos captadores en horizontal.	Todo el material en acero inoxidable €/Set	
	Juego anclajes universales base - horizontal	6020600157	153,00
	Juego anclajes universales fila - horizontal Formado por: 2 anclajes Incluidos tornillos de sujeción a hormigón Válido para teja mixta y plana. Para cada captador adicional en horizontal.	Todo el material en acero inoxidable €/Set	
	Juego anclajes universales fila - horizontal	6020600158	53,00
	Juego anclajes universales base - vertical Formado por: 6 anclajes Incluidos tornillos de sujeción a hormigón Válido para teja mixta y plana. Para dos captadores en vertical.	Todo el material en acero inoxidable €/Set	
	Juego anclajes universales base - vertical	6020600159	116,00
	Juego anclajes universales fila - vertical Formado por: 2 anclajes Incluidos tornillos de sujeción a hormigón Válido para teja mixta y plana. Para cada captador adicional en vertical.	Todo el material en acero inoxidable €/Set	
	Juego anclajes universales fila - vertical	6020600160	41,60
	Tornillos de sujeción a hormigón 8x240 En cubiertas con aislamiento o que necesiten una mayor sujeción, para fijar los anclajes a la cubierta. Son necesarios 3 tornillos por anclaje.	€/Ud	
	Tornillos de sujeción a hormigón 8x240	6020700251	4,74
	Anclaje para teja árabe Anclaje de acero inoxidable. Incluye tuercas, arandelas y pieza en "Z" para su correcta fijación. Son necesarios 4 anclajes de teja árabe para el primer captador y 2 anclajes más para cada captador adicional.	€/Ud	
	Anclaje para teja árabe	1135003974	20,00

Materiales necesarios para montaje sobre tejado

F3 y F4		Número de captadores por batería					
		1	2	3	4	5	6
Anclajes	Universal base	0	1	1	1	1	1
	Universal fila	2	0	1	2	3	4
	Para teja árabe	4	6	8	10	12	14
Bastidores	Base	0	1	1	1	1	1
	Fila	0	0	1	2	3	4
	Kit básico	1	0	0	0	0	0

- Según el tipo de teja se elegirá el anclaje Universal o el anclaje Para teja árabe
- En el caso de Anclaje Universal se sumarán las unidades base + las unidades fila
- Los bastidores necesarios serán la suma de las unidades base + fila + kit básico

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Captadores Solares Roth

Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
MONTAJE DE CAPTADORES PLANOS ROTH HELIOSTAR SOBRE CUBIERTA PLANA			
	Juego bastidor FTH horizontal Heliostar Para un captador Heliostar, ángulo variable hasta 50°. Se compone de: perfiles angulares de aluminio, 2 rielles de montaje, 8 tornillos de cabeza hexagonal para madera galvanizados, 8 tacos S12x60, 14 tornillos M10x30 galvanizados con arandelas y tuercas.		€/Set
	Juego bastidor FTH horizontal Heliostar	1115007824	157,90
	Juego bastidor FTV vertical base Heliostar Para un captador Heliostar, ángulo variable hasta 50°. Se compone de: perfiles angulares de aluminio, rielles de montaje, 10 tornillos de cabeza hexagonal para madera galvanizados, 10 tacos S12x60, 8 tornillos M10x30 galvanizados con arandelas y tuercas y 6 tornillos M10x60 con arandelas y tuercas.		€/Set
	Juego bastidor FTV vertical base Heliostar	1115007823	199,80
	Juego bastidor FTV vertical fila Heliostar Para cada captador adicional Heliostar, ángulo variable hasta 50°. Se compone de: perfiles angulares de aluminio, rielles de montaje, 4 tornillos de cabeza hexagonal para madera galvanizados, 4 tacos S12x60, 2 tornillos M10x30 galvanizados con arandelas y tuercas, 3 tornillos M10x60 con arandelas y tuercas así como flexible de unión.		€/Set
Juego bastidor FTV vertical fila Heliostar	1115007822	176,00	

Materiales necesarios para montaje sobre cubierta plana

F3 y F4		Número de captadores por batería					
		1	2	3	4	5	6
Bastidores	Vertical base	1	1	1	1	1	1
	fila	0	1	2	3	4	5
	Horizontal	1	2	3	4	5	6

- En el caso de colocación en vertical, los materiales necesarios serán la suma de la base + la fila

	Aditivo caloportante azul para captadores planos 10 litros Bidón de 10 Litros de aditivo para mezclar directamente con el agua. Medio portador del calor, protege al circuito solar contra corrosión o heladas. Con una mezcla al 30% se podrá garantizar una protección anticongelante a una temperatura exterior de -13°C. Para temperaturas todavía más bajas aumentar el porcentaje de aditivo en la mezcla.		€/Bidón
	Aditivo caloportante azul 10 L	6020100006	85,00
	Aditivo caloportante azul para captadores planos 25 litros Bidón de 25 Litros de aditivo para mezclar directamente con el agua. Medio portador del calor, protege al circuito solar contra corrosión o heladas. Con una mezcla al 30% se podrá garantizar una protección anticongelante a una temperatura exterior de -13°C. Para temperaturas todavía más bajas aumentar el porcentaje de aditivo en la mezcla.		€/Bidón
	Aditivo caloportante azul 25 L	6020200002	199,00

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Captadores Solares Roth			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
ACCESORIOS PARA EL MONTAJE DE CAPTADORES PLANOS ROTH F3S4 18mm-Heliostar 252S4 18mm			
	Racor de unión entre captadores Elemento de latón para unión entre captadores Roth F3S4 18mm-Heliostar 252S4 18mm. Incluye anillo opresor y casquillo protector.		€/Set
		1135005321	14,90
	Tapones para captadores Elemento de latón de cierre para las conexiones. Incluye anillo opresor y casquillo protector.		€/Set
		1135005322	13,90
	Racor compensador de dilataciones Elemento destinado a absorber dilataciones entre captadores, producidas por altas temperaturas. Incluye anillo opresor y casquillo protector. Uso recomendable a partir de 5 captadores Roth F3S4 18mm-Heliostar 252S4 18mm.		€/Set
		1135005323	69,90
	Racor salida captador Cu18-1/2\"/> Racor de conexión del captador Cu Ø18 a tubería del circuito primario con rosca 1/2" macho. Incluye anillo opresor y casquillo protector. 		€/Set
		1135005324	17,90
	Vaina sonda de inmersión con purgador Accesorio para colocación de la sonda de inmersión en los captadores Roth F3S4 18mm-Heliostar 252S4 18mm. Includo purgador manual desmontable para facilitar la colocación del purgador automático y la válvula de corte para purgador (ver página 24). Conexiones de 1/2" M para circuito primario y captador.		€/Set
		1135005401	55,60

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Regulación				
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €	
CENTRALITAS DE REGULACIÓN Y ACCESORIOS				
	Regulador Solar BW Regulador diferencial de temperaturas con las siguientes funciones: Display gráfico iluminado con representación de la instalación. Reloj horario para la bomba solar, función de captadores de tubos de vacío, regulación de velocidad y balance de energía. Limitación de temperatura de captador y acumulador, sistema de protección anti-hielo, función de vacaciones (refrigeración del acumulador). 4 entradas de temperatura y 1 salida de relé. Incluidas 2 sondas PT 1000. Dimensiones: 172 x 110 x 46 mm.		€/ud	
			1135003975	192,00
	Regulador Solar BW/H Regulador diferencial de temperaturas con las siguientes funciones: Display gráfico iluminado con representación de la instalación, 9 sistemas de base. Reloj horario para la bomba solar, función de captadores de vacío, regulación de velocidad y balance de energía. Limitación de temperatura de captador y acumulador, sistema de protección anti-hielo, función de vacaciones (refrigeración del acumulador). 4 entradas de temperatura y 2 salidas de relé. Incluidas 3 sondas PT 1000. Dimensiones: 172 x 110 x 46 mm.		€/ud	
			1135003976	278,00
	Regulador Solar BW/H CONFORT Regulador diferencial de temperaturas con las siguientes funciones: Pantalla digital multifuncional y led luminoso de 2 colores, 7 sistemas de base. Reloj horario para la bomba solar, función de captadores de vacío, regulación de velocidad y balance de energía. Limitación de temperatura de captador y acumulador, sistema de protección antihielo, función de vacaciones (refrigeración del acumulador). BUS e interfaz RS232. Incluidas 3 sondas PT 1000. 12 entradas y 9 salidas de relé. Dimensiones: 260 x 216 x 64 mm.		€/ud	
			1135003977	795,00
	Sensor de radiación Accesorio para el regulador BW/H Confort. Mide la intensidad de radiación solar.		€/ud	
			6040200145	95,00
	Caudalímetro Accesorio para el regulador BW/H Confort. Permite obtener el caudal de agua (o de mezcla de agua con glicol) utilizando una entrada de impulsos. Se utiliza en combinación con el calorímetro integrado en el BW/H confort, utilizando dos entradas de temperatura, para obtener un balance de energía. Caudalímetro DN 20 - diseñado para su instalación en horizontal o vertical. Caudalímetro DN 32 - diseñado para su instalación únicamente en horizontal.		€/ud	
			6040200143	215,00
			6040200144	510,00

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Regulación			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
CENTRALITAS DE REGULACIÓN Y ACCESORIOS			
	Sonda inmersión PT1000 Sonda de temperatura para captador y depósito, 6 mm de diámetro, con 2,5 m de cable de silicona, estabilizado para temperaturas hasta 180°C.		€/ud
	Sonda inmersión PT1000	1135002271	27,20
	Vaina para sonda de inmersión Para alojar la sonda PT1000. 60 mm de largo y rosca de 1/2" macho.		€/ud
	Vaina sonda inmersión en acero inoxidable	6020700252	25,30
	Vaina sonda inmersión en latón cromado	1135002272	17,30
	Adaptador para sonda PT1000 Necesario si se desea instalar la sonda con lectura por contacto. Alojamiento para abrazadera, para encaje de la sonda PT1000		€/ud
	Adaptador sonda PT1000	1135002273	3,90
	Roth Datalogger Módulo adicional que permite visualizar la instalación solar desde un ordenador. Almacena los valores medidos por los reguladores solares ROTH serie BW, que pueden ser descargados y tratados en una hoja de cálculo para generar gráficos. Posibilidad de acceder al regulador a través del programa suministrado o cualquier navegador web. La conexión directa a un ordenador o a un router, se realiza a través del puerto LAN integrado. Posee una memoria interna de 180Mb para almacenamiento de datos e incorpora ranura para tarjeta SD (no incluida).		€/ud
	Roth Datalogger	6040200146	592,00
	Cable VBus/USB Adaptador que permite conectar los reguladores solares ROTH serie BW a un ordenador. Los datos medidos por el regulador pueden ser visualizados en tiempo real a modo informativo o pueden ser registrados mediante el programa suministrado. Posibilidad de visualizar esquemas solares personalizados en los que podremos insertar todos los valores medidos por el regulador solar.		€/ud
	Cable VBus/USB	6040200147	Consultar precio

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Grupos hidráulicos y accesorios			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
GRUPOS HIDRÁULICOS Y ACCESORIOS			
	Grupo hidráulico solar impulsión/retorno Unidad premontada con toda la valvulería necesaria, integrada en carcasa de EPP, altamente resistente con grupo de purga incluido. Formada por llaves de esfera con válvula de corte integrada para ida y retorno, válvula anti-retorno, fijación a pared, grupo de seguridad con válvula de seguridad a 6 bar, manómetro a 10bar, llaves de esfera de llenado y vaciado, incluidos elementos de montaje, circulador WILO RS 25/6-3P o WILO RS 25/7-3P cableado y probado. Además, juego de unión con codo pared MAG de acero, conexión rápida MAG, flexible de 500 mm, junto a un juego de tuercas bicono. Grupo con bomba 25/6, válido hasta 20m2 de captadores. Valores aproximados. Grupo con bomba 25/7, válido hasta 25m2 de captadores. Verificar con el dpto. Técnico. €/ud		
	Grupo hidráulico solar impulsión/retorno 25/6	1135002274	435,00
	Grupo hidráulico solar impulsión/retorno 25/7	1135004442	449,00
	Grupo hidráulico solar impulsión 20/11 Unidad premontada con toda la valvulería necesaria, integrada en carcasa de EPP, altamente resistente con grupo de purga incluido. Formada por grifo de bola con válvula antirretorno integrada, fijación a pared, grupo de seguridad con válvula de seguridad a 6 bar, manómetro solar de 0 a 6 bar, llaves de esfera de llenado y vaciado, incluidos elementos de montaje, circulador WILO Star ST 20/11 cableado y probado. Preparado para integrar un regulador BW o BWH. Para instalaciones de hasta 40m² de captación. Valores aproximados. Verificar con el dpto. Técnico. €/ud		
	Grupo hidráulico solar impulsión 20/11	1135004441	709,00
	Vasos de expansión de membrana fija Para el circuito solar. Membrana fija. Temperatura máxima de servicio 130°C. Presión de precarga 2'5 bar. Conexión: rosca 3/4". Vaso expansión 12L.: Presión máxima de trabajo 10bar. Vaso expansión 24L.: Presión máxima de trabajo 8bar.		€/ud
	Vaso expansión 12L. Ø 270 mm/ H 304 mm	6020400080	42,60
	Vaso expansión 24L. Ø 270 mm/ H 405 mm	6020400081	54,90
	Vasos de expansión de membrana recambiable Para el circuito solar. Membrana recambiable. Temperatura máxima de servicio 130°C. Presión de precarga 2'5 bar. Presión máxima de trabajo 10 bar. Conexión vaso de expansión 35, 50 y 100L: rosca 1". Conexión vaso expansión 200L: rosca 1 1/2".		€/ud
	Vaso expansión 35L. Ø 360 mm/ H 615 mm	6020400089	137,00
	Vaso expansión 50L. Ø 360 mm/ H 750 mm	6020400090	175,90
	Vaso expansión 100L. Ø 450 mm/ H 850 mm	6020400091	305,00
	Coquilla aislante para exteriores Aislamiento térmico flexible de EPDM, de celdas cerradas y caucho sintético. Resistente al ozono y a los rayos UV. Aislamiento térmico para instalaciones solares en exteriores de acuerdo al nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas (RITE). Barras de 2m. Conductividad térmica a +10°C, $\lambda_{10°C} = 0,035W/mK$		€/m
	Coquilla aislante exteriores 32 x 15	6020700247	13,86
	Coquilla aislante exteriores 32 x 18	6020700248	15,43
	Coquilla aislante exteriores 32 x 22	6020700249	16,22

!! novedad !!

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Grupos hidráulicos y accesorios			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
GRUPOS HIDRÁULICOS Y ACCESORIOS			
 <p><i>!! novedad !!</i></p>	Válvula motorizada 2V Válvulas de corte de 2 vías para regulación todo - nada (abierto - cerrado) en instalaciones solares, de calefacción y de agua fría. Diseñadas para instalaciones solares (llegan a soportar puntas de temperatura de 120°C).		€/ud
	Válvula motorizada 2V - 3/4" Kvs 5,3	6020700288	134,00
	Válvula motorizada 2V - 1" Kvs 6	6020700287	147,00
 <p><i>!! novedad !!</i></p>	Válvula diversora motorizada 3V Válvulas diversoras de 3 vías para regulación todo - nada en instalaciones solares, de calefacción y de agua fría. Diseñadas para instalaciones solares (llegan a soportar puntas de temperatura de 120°C).		€/ud
	Válvula diversora motorizada 3V - 3/4" Kvs 7	6020700290	137,00
	Válvula diversora motorizada 3V - 1" Kvs 7,7	6020700289	150,00
	Purgador solar Purgador automático de aire para instalaciones solares. Cuerpo en latón. Cromado. Conexión 3/8" M. Max. Presión de trabajo: 10 bar. Max. Presión de descarga: 5 bar Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 200°C		€/ud
	Purgador solar	6020400111	37,47
	Válvula de corte para purgador Válvula de corte para purgador automático. Conexión 3/8" M - 3/8" H. Presión máxima de servicio: 10 bar Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 200°C		€/ud
	Válvula de corte para purgador	6020400128	20,32
	Válvula de seguridad Cuerpo en latón. Conexiones hembra - hembra. Cromado. Conexión 1/2" H x 3/4" H. Rango de temperaturas de trabajo: -30°C a 160°C.		€/ud
	Válvula de seguridad 3 bar	6020400126	27,80
	Válvula de seguridad 6 bar	6020400127	27,80
	Válvula de seguridad 8 bar	6040200117	29,80
	Válvula de seguridad 10 bar	6020400129	31,80
	Válvula mezcladora BM para ACS Para regular manualmente la temperatura de ACS entre 35°C y 55°C. Con racores de unión para soldar tubería de cobre de 22 mm.		€/ud
	Válvula mezcladora BM	6020600164	87,00
 <p><i>!! novedad !!</i></p>	Flexible inox unión captador 1000 Flexible inoxidable aislado de 1000 mm. de longitud para la unión del captador o grupo de captadores al circuito primario. Conexión mediante racor loco y junta plana de 1/2".		€/ud
	Flexible inox unión captador 1000	6020100004	37,60
	Flexible inox unión captador 300 Flexible inoxidable aislado de 300 mm. de longitud para la unión entre captadores. Conexión mediante racor loco y junta plana de 1/2".		€/ud
	Flexible inox unión captador 300	6020100001	18,50

ENERGÍA SOLAR TÉRMICA



Tarifa de precios 2009 - 2A

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 01/10/2009

Acumuladores Domésticos - Hasta 1.000 litros

Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
ACUMULADOR DOMÉSTICO MURAL			
	Acumulador Mural de 1 serpentín - 110 litros Depósito acumulador de acero al carbono vitrificado según DIN 4753. Con serpentín diseñado específicamente para su uso en sistemas de energía solar térmica, y ánodo con medidor preinstalado. Aislado térmicamente con espuma PU inyectado, libre de CFC y acabado exterior con forro acolchado desmontable. Para instalación mural y vertical. Tª máx. ACS: 90°C Tª máx. circuito primario: 200°C Presión máx. ACS: 8 bar Presión máx. circuito primario: 25 bar		€/ud
	WWL-110 (ø 480mm / H 1.155mm / serpentín 0,5m²)	6030100143	820,00
	Kit eléctrico 1,5KW para acumulador WWL-110 Kit compuesto por resistencia cerámica 1,5Kw, 230V, termostato doble de regulación y seguridad y el correspondiente cableado y protecciones. La resistencia eléctrica cerámica está preparada para su instalación enfundada en el alojamiento que incorpora el depósito para este fin. Longitud: 290mm.		€/ud
	Kit eléctrico para acumulador WWL-110	6030200008	98,00
ACUMULADORES DOMÉSTICOS DE 1 SERPENTÍN			
	Acumulador Vitrificado de 1 serpentín Depósito acumulador de acero esmaltado según DIN 17100 con un serpentín, ánodo y termómetro en la zona superior. Aislamiento proyectado de poliuretano de 50mm. Tª máx. ACS: 95°C Tª máx. circuito primario: 110°C Presión máx. ACS: 10 bar Presión máx. circuito primario: 10 bar		€/ud
	WWM-200 (ø 600mm / H 1.333mm / serpentín 0,91m²)	6030100138	959,00
	WWM-300 (ø 600mm / H 1.790mm / serpentín 1,36m²)	6030100140	1.109,00
	WWM-500 (ø 750mm / H 1.853mm / serpentín 1,95m²)	6030100141	1.690,00
	Acumulador vitrificado de 1 serpentín - A partir de 750 litros (opción modelos CTE) Depósito acumulador de acero vitrificado de alta calidad conforme a DIN 4753, con intercambiador de serpentín de gran superficie. Aislamiento de espuma de PU inyectado, libre de CFC y acabado exterior con forro desmontable. Diseñado para permitir su paso por puertas de hasta 80cm. Incluido ánodo de Magnesio con tester.		€/ud
	Temperatura máx. ACS: 90°C Temperatura máx. solar: 200°C Presión máx. ACS: 8bar Presión máx. solar: 25bar WWL 750 y WWL 1000: Boca de hombre DN90 WWL 800 CTE y WWL 1000 CTE: Boca de hombre DN400 - Para cumplir CTE		
	WWL-750 (ø 950mm / H 1840mm / serpentín 2,70m²)	6030100300	2.995,00
	WWL-1000 (ø 950mm / H 2250mm / serpentín 3,30m²)	6030100301	3.630,00
	WWL-800 CTE (ø 950mm / H 1840mm / serpentín 2,70m²)	6030100144	3.482,00
WWL-1000 CTE (ø 950mm / H 2250mm / serpentín 3,30m²)	6030100145	4.119,00	

Las medidas pueden estar sujetas a modificación.

Para tamaños no incluidos en esta tarifa, consultar con ROTH.



INDUSTRIAS
IBAIONDO S.A.

SISCOCAN

Lista de Precios

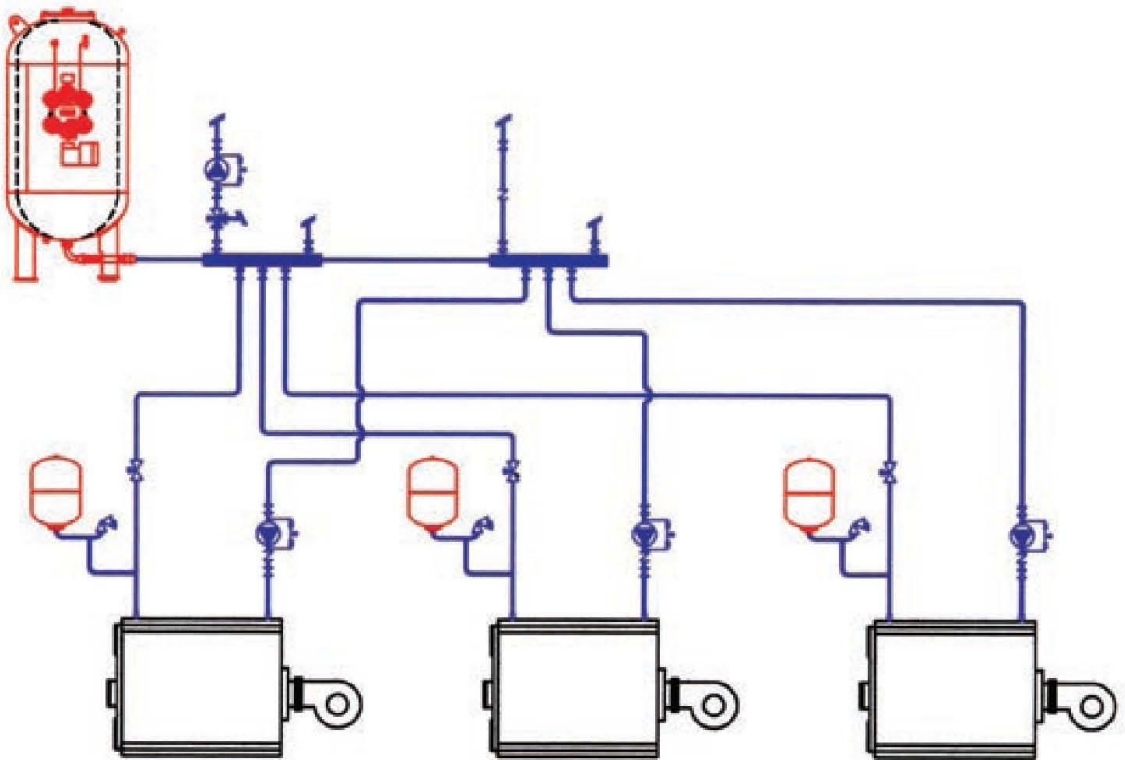
2 años de Garantía



SISCOCAN

IBAIÓNDO

Vasos de Expansión



**Vasos de expansión
Membrana fija**



Presión max. 4 BAR



Código	Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua Ø	Euros (€)
02005343	5 CMF	5	4	200x240	3/4"	14,90
02008343	8 CMF	8	4	200x335	3/4"	15,56
02012343	12 CMF	12	4	270x304	3/4"	16,27
02018343	18 CMF	18	4	270x405	3/4"	18,25
02025343	25 CMF	25	4	320x425	3/4"	22,45
02035343	35 CMF	35	4	360x475	3/4"	32,47
02035345	35 CMF-PATAS	35	4	360x480	3/4"	34,40
02050343	50 CMF-PATAS	50	4	360x630	3/4"	50,58



Presión max. 6 BAR

Código	Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua Ø	Euros (€)
04080351	80 CMF	80	6	485x590	1"	73,82
04100351	100 CMF	100	6	485x640	1"	105,26
04140351	140 CMF	140	6	485x935	1"	130,26
04200351	200 CMF	200	6	600x835	1"	166,54
04250351	250 CMF	250	6	600x1060	1"	189,44
04300351	300 CMF	300	6	600x1245	1"	241,51
04400351	400 CMF	400	6	600x1460	1"	284,93



Presión max. 6 BAR

Código	Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua Ø	Euros (€)
04500351	500 CMF	500	6	750x1495	1"	464,28
04600351	600 CMF	600	6	750x1730	1"	558,48
04800351	800 CMF	800	6	750x2210	1"	731,50
04101351	1000 CMF	1000	6	750x2695	1"	861,86



Vasos de expansión para instalaciones de agua caliente sanitaria

BISCOCAN

Membrana recambiable

Tapas en Inoxidable AISI - 304

Presión max. 10 BAR

Código	Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua Ø	Euros (€)
01005012	5 AMR-B	5	10	200x245	3/4"	21,04
01008012	8 AMR-B	8	10	200x350	3/4"	22,73
01011012	11 AMR-B	11	10	270x320	3/4"	25,58
01018012	18 AMR-B	18	10	270x425	3/4"	29,01



Presión max. 8 BAR

Código	Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua Ø	Euros (€)
01025082	24 AMR-E-B	24	8	350x390	1"	33,22



Vasos de expansión con compresor con membrana recambiable

Presión max. 10 BAR

Código	Tipo	Capacidad (l.)	Presión Max. Bar	Dimensiones DxH	Conexión de Agua Ø	Euros (€)
04022421	220 AMR-C-A	200	10	485x1465	1"	5.835,65
04035421	350 AMR-C-A	300	10	485x2020	1"	5.894,62
04050421	500 AMR-C-A	500	10	600x2160	1"	6.071,52
04075421	700 AMR-C-A	700	10	700x2310	1"	7.234,50
04100421	1000 AMR-C-A	1000	10	850x2310	1"	8.212,93
04140421	1400 AMR-C-A	1400	10	1000x2270	1"	12.061,14
04200421	2000 AMR-C-A	2000	10	1200x2695	DN 65	14.921,09
04300421	3000 AMR-C-A	3000	10	1200x3695	DN 65	17.064,68
04500421	5000 AMR-C-A	5000	10	1500x3910	DN 65	22.448,24



GRUNDFOS DATA SHEET

UPS Solar

The UPS Solar pumps are of the canned rotor type, i.e. pump and motor form an integral unit without shaft seal and with only two gaskets for sealing. The bearings are lubricated by the pumped liquid.

The pumps are characterized by:

- Ceramic shaft and radial bearings.
- Carbon thrust bearing.
- Stainless steel rotor can and bearing plate.
- Impeller in corrosion-resistant material.
- Glycol resistant components.
- Pump housing in cathaphoresis treated cast iron.

Applications

UPS Solar pumps are suitable for circulation of water in residential solar thermal heating systems.

Pumped liquids

UPS Solar pumps are designed for the following liquids:

- Thin, clean, non-aggressive and non-explosive liquids without solid particles or fibres.
- Cooling liquids, not containing mineral oil.
- Softened water.

The kinematic viscosity of water is 1 cSt (1 mm²/s) at 20°C. If the circulator pump is used for a liquid with a higher viscosity, the hydraulic performance of the pump will be reduced.

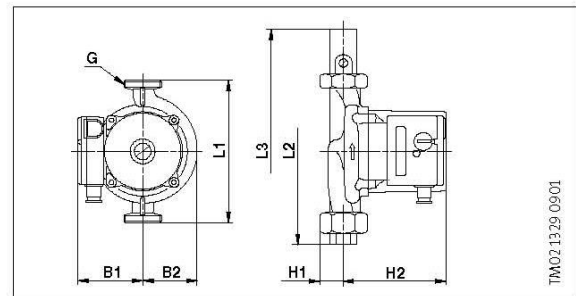
Example: 50% glycol at 20°C means a viscosity of approx. 10 cSt and a reduction of pump performance by approx. 15%.

When selecting a pump, the viscosity of the pumped liquid must be taken into consideration.

Electrical data

Supply voltage:	1 x 230 V +6%/-10%, 50 Hz, PE.
Motor protection:	The pump requires no external motor protection.
Enclosure class:	IP 42.
Insulation class:	F/H.
Relative humidity:	Max. 95%.
Ambient temperature:	0 °C to +40 °C.
Temperature class:	According to CEN 335-2-51.
EMC (electromagnetic compatibility):	EN 50 081-1. EN 50 082-1.
Sound pressure level:	≤ 43 dB(A).

Dimensional drawing



Dimensions

Dimensions	25-40	25-60	15-80	25-120
L1 [mm]	180	180	130	180
L2 [mm]	236	236	186	236
L3 [mm]	290	290	240	290
H1 [mm]	32	32	32	32
H2 [mm]	102	102	103	130
B1 [mm]	75	75	75	82
B2 [mm]	51	51	54	69
G	1 1/2	1 1/2	1	1 1/2

Liquid temperature

Temperature range: +2°C to +95°C or 110°C

The ambient temperature should always be lower than the liquid temperature, as otherwise condensation may form in the stator housing.

System pressure

Pump with unions PN 10: 1.0 MPa (10 bar).

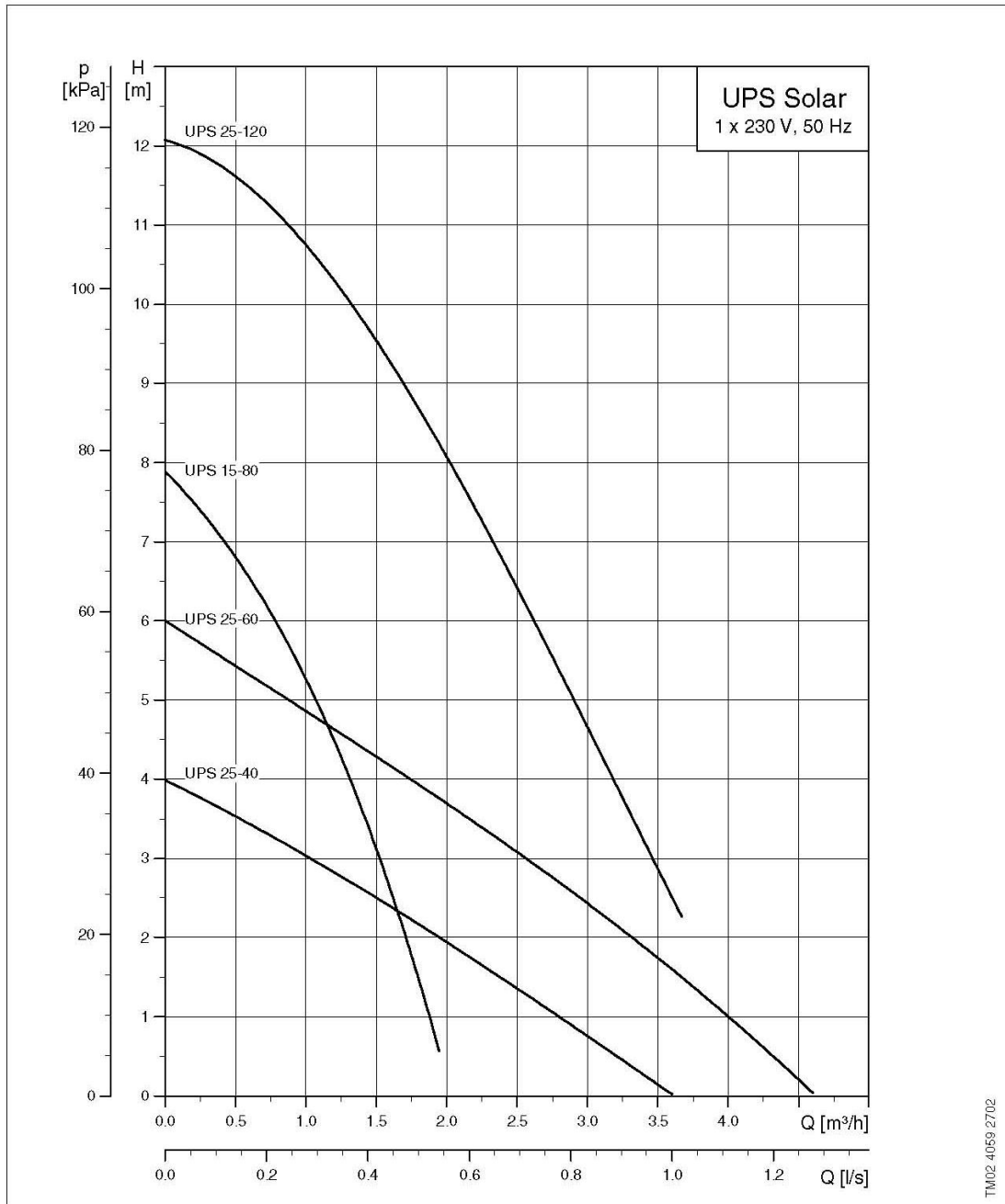
Inlet pressure

To avoid cavitation noise and damage to the pump bearings, the following minimum pressures are required at the pump suction point:

Liquid temperature	85°C	90°C	110°C
Inlet pressure	0.5 m head 0.049 bar	2.8 m head 0.27 bar	11.0 m head 1.08 bar

Product range

Pump type	Port-to-port length [mm]	Connection	Max. head [m]	Product number	Temperature class
UPS 25-40	180	G 1½	4	59544183	TF110
UPS 25-60	180	G 1½	6	59546639	TF110
UPS 15-80	130	G 1	8	59508500	TF95
UPS 25-120	180	G 1½	12	52588352	TF95



96 48 95 71 07 02	GB

Subject to alterations.

GRUNDFOS A/S . DK-8850 Bjerringbro . Denmark
Telephone: +45 87 50 14 00.

www.grundfos.com





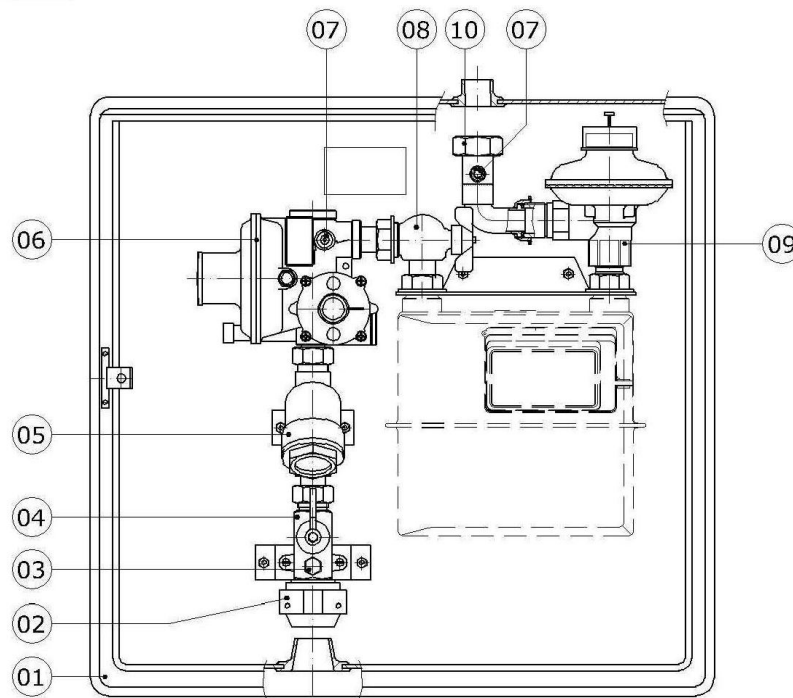
ARMARIOS DE REGULACIÓN MPB PARA GAS NATURAL



ARMARIO DE REGULACION MPB A6

SEGÚN UNE 60404

MODELO	: MPB A6 PE20 ó PE32 (22,45,70,RA) / (100,200,250,NO) R 1"
CAUDAL	: Hasta 6 m ³ /h
P. entrada	: 0,4 - 5 bar.
Presión Máx.	: P. regulada 100 mbar., VAS 200 mbar., VIS máx. 250 mbar.
Presión Máx y Min.	: P.regulada 22 mbar., VAS 45 mbar., VIS máx 70 mbar., VIS mín rearme automático



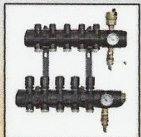
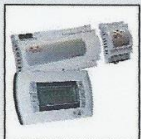
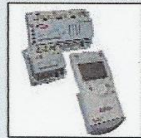
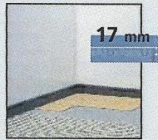
- | | |
|----|--|
| 01 | Armario con mirilla 517 alto x 535 ancho x 232 prof. aprox. mm. ext., en poliéster fibra de vidrio, cierre triangular. Sin Contador. |
| 02 | Entrada PE20; L1 soldar CU 15x18; F1 soldar AC 3/4"
Entrada PE32; L1 soldar CU 25x28; F1 soldar AC 1" |
| 03 | Toma de presión zona media presión (Peterson) |
| 04 | Llave de entrada PN-5 DN-15 |
| 05 | Filtro PN-6 DN-15 |
| 06 | Regulador FIORENTINI, modelo MS 6
Otras presiones, bajo demanda. |
| 07 | Toma de presión zona baja presión (Débil calibre) |
| 08 | Llave de contador PN-5 DN-20 |
| 09 | Válvula de seguridad por falta de gas (ra), p. actuación 10 ≤ p.a. ≤ 15 mbar. |
| 10 | Salida Racor 1" |
| | Manguitos pasatubos de entrada y salida |

SUELO RADIANTE Y FONTANERÍA

Tarifa de precios 2009 - 2A
Válida desde el 15.06.2009

Roth

*¡Importantes
novedades!*



Climatización, agua y energía solar

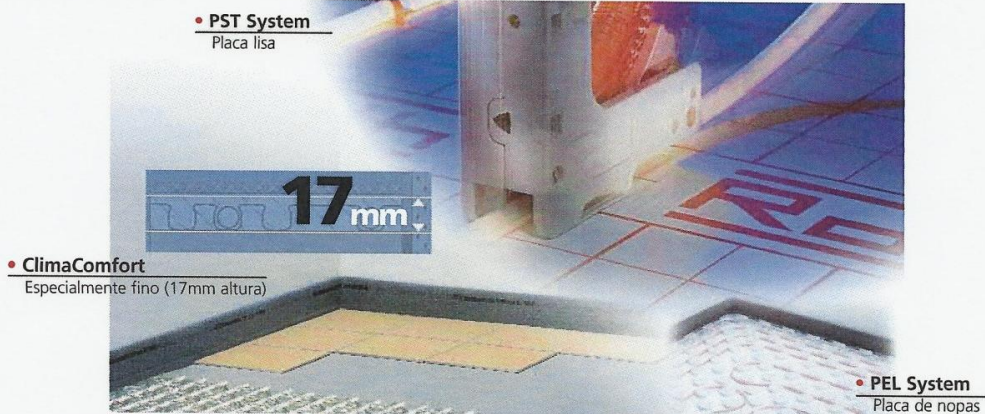
SUELO RADIANTE



Tarifa de precios 2009

Suelo radiante – Climatización frío/calor. Eficiencia energética

Tipos de Suelo Radiante ROTH



Certificado AENOR

El pasado mes de febrero de 2009 la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) concedió a los sistemas de suelo radiante Roth bajo el nombre de ROTH PST SYSTEM el certificado AENOR de la norma UNE-EN 1264.

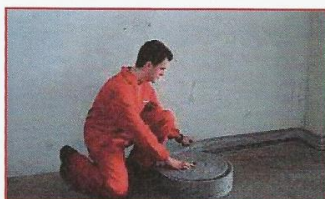
Con esta certificación Roth dispone del marcado AENOR para dos sistemas de suelo radiante que se describen a continuación; uno para tubo de 16 x 1,8 mm y otro para tubo de 20 x 1,9 mm:



Marca Comercial: ROTH PST SYSTEM
 Tipo de placa base: Poliestireno expandido PST-30
 Conductividad térmica de la placa: 0,035 W/mK
 Espesor de mortero: 0,045 m

Tipo de estructura del suelo: Tipo A
 Espesor de la placa base: 0,03 m
 Tipo de recubrimiento: Mortero con aditivo ROTH AD10
 Tipo de tubo: PE-Xc EVOH

Instalación



Una vez limpia la zona, se coloca la tira perimetral a lo largo de la base de paredes, pilares y cualquier elemento vertical.



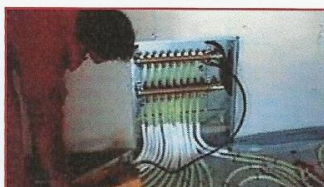
Es el momento de poner la placa aislante que además servirá como soporte del tubo. El film de PE colgante de la tira perimetral debe quedar por encima de la placa.



Las placas aislantes deben quedar solapadas unas con otras para evitar que el mortero se "cuele" por debajo de las mismas (ver detalles de colocación en página placas -pag 5-).



Una vez cubierto todo el forjado llega el momento de colocar el tubo; preferiblemente un tubo con barrera de alta impermeabilidad al oxígeno (EVOH) para evitar la corrosión de las partes metálicas.



Una vez terminados los circuitos de tubo se procederá al llenado de los mismos con agua para comprobar la estanqueidad (si hay riesgo de heladas será imprescindible añadir aditivo anticongelante).



Se recubrirá la instalación con una mezcla de arena (nunca grava), cemento y agua con aditivo. El secado antes de colocar el pavimento es de un mínimo de 21 días.



SUELO RADIANTE

Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Placas Base

Placas base aislantes PST

Sistema de placas base aislantes lisas. Compuesta por espuma de poliestireno expandido según norma UNE EN 13163 que proporciona un aislamiento termo-acústico. Un film plástico adherido al poliestireno actúa protegiendo la capa de aislamiento a la vez que hace de barrera antivapor.

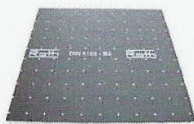
Existen placas PST de diferentes espesores y densidades nominales para adaptarse a cualquier requerimiento de las instalaciones. Reciclables, autoextinguibles y no contienen CFC's



Placa PST 25 Características técnicas:

Dimensiones: 1000 x 1000 x 25/27 mm
 Densidad nominal: 20 Kg./ m³
 Resist. mínima a compresión: 100Kpa
 Suministro en cajas de cartón
 Color: negro

Aislamiento Acústico: 22 dB
 Resist. térmica: 0,70 m² K/ W
 Clasificación de reacción al fuego: E (autoextinguible).



Placa PST 30 Características técnicas:

Dimensiones: 1000 x 1000 x 30/32 mm
 Densidad nominal: 20 Kg./ m³
 Resist. mínima a compresión: 100Kpa
 Suministro en cajas de cartón
 Color: negro

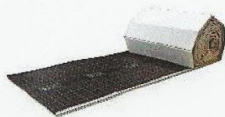
Aislamiento Acústico: 26dB
 Resist. térmica: 0,90 m² K/ W
 Clasificación de reacción al fuego: E (autoextinguible)



Placa PST 26 Características técnicas:

Dimensiones: 1000 x 1000 x 26 mm
 Densidad nominal: 30 Kg./ m³
 Resist. mínima a compresión: 200Kpa
 Suministro en cajas de cartón
 Color: Blanca con cuadrícula en rojo

Aislamiento Acústico: 20dB
 Resist. térmica: 0,75 m² K/ W
 Clasificación de reacción al fuego: E (autoextinguible)



Placa PST 20 Características técnicas:

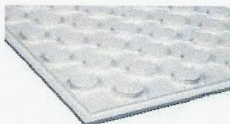
Dimensiones: rollo 14 m² x 1000 x 20 mm
 Densidad nominal: 20 Kg./ m³
 Resist. mínima a compresión: 100 Kpa
 Suministro en bolsas de 14 m²
 Color: negro

Resist. térmica: 0,60 m² K/ W
 Clasificación de reacción al fuego: E (autoextinguible)

Placas base aislantes PEL

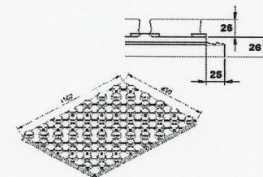
Sistema de placas base aislante de nopas. Compuesta por espuma de poliestireno expandido, con revestimiento plástico como protección de la capa aislante además de conferir máxima resistencia a las nopas y actuar como barrera antivapor. Una misma placa puede ser utilizada para tubos de 16 y 20 mm de diámetro permitiendo reducir el stock.

Permite los siguientes pasos de tubo: 8.3, 16.6, 24.9, 33.2 cm



Placa Nopas – PEL 26 Características técnicas:

Dimensiones: 1200 x 800 x 26mm
 Resist. térmica: 0,75m² K / W
 Densidad nominal: 25kg/m³
 Clasificación de reacción al fuego: E (autoextinguible)
 Suministro en paquete de 13,44m²
 Color: Blanco
 Revestimiento de film plástico antivapor 120μ



SUELO RADIANTE



Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

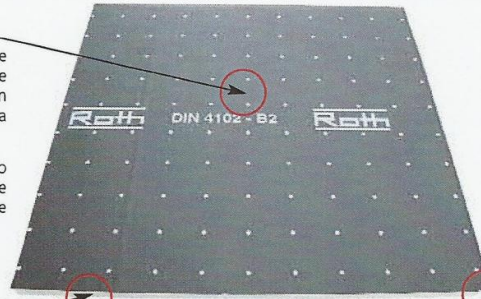
Válida desde el 15.06.2009

Placas Base

Film Plástico

Film plástico de PVC que protege al poliestireno expandido y hace de tope para las grapas de fijación además de actuar como barrera anti vapor.

Viene impresa con cuadrícula o con líneas de puntos que sirven de guía para facilitar la instalación de la tubería.



Placa aislante

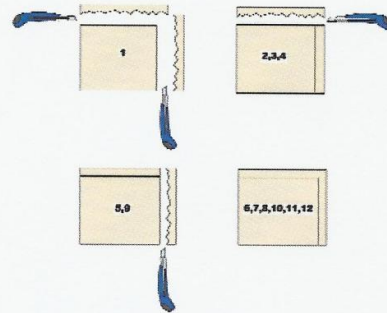
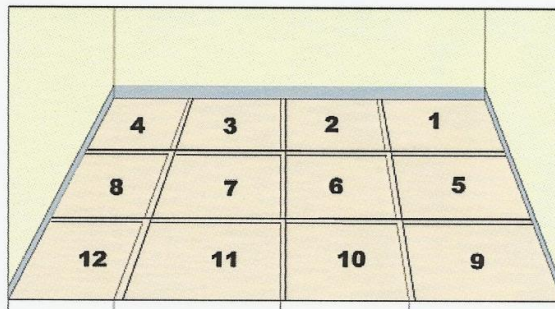
Placa de poliestireno expandido que proporciona tanto aislamiento térmico como acústico a la instalación. También evita pérdidas de calor hacia abajo, lo que hace más eficiente energéticamente la instalación de suelo radiante.

Solapa autoadhesiva

Solapa autoadhesiva que permite un correcto ensamblaje entre placas, evitando que el mortero se introduzca por debajo de las placas.

Instalación

En la figura se muestra el orden a seguir a la hora de colocar las placas así como las solapas que es necesario cortar en cada placa.



Tarifa

Descripción		Referencia	Precio €
Placa PST 25	CAJA 19 m ²	4061010525	9,30 €/m²
Placa PST 30	CAJA 15 m ²	4061010530	10,55 €/m²
Placa PST 26	CAJA 19 m ²	4062010326	14,00 €/m²
Placa PST 20 en rollo	ROLLO 14 m ²	4022100001	12,80 €/m²
Placa Nopas – PEL 26	CAJA 14 unidades (13,44m ² por caja)	1409010072	12,55 €/placa



SUELO RADIANTE

Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Tubos de polietileno reticulado

PE-Xc / PE-Xc EVOH

PE-Xc para suelo radiante, calefacción y fontanería

Tubos PE-Xc de polietileno reticulado por radiación de electrones según norma UNE-EN ISO 15875 y certificado de calidad AENOR. Destinado a su utilización en instalaciones de agua caliente y fría en el interior de la estructura de los edificios, para conducción de agua destinada o no al consumo humano (sistemas domésticos) y para instalaciones de calefacción a las presiones y temperaturas de diseño de acuerdo con la clase de aplicación.



Serie EVOH con barrera de oxígeno

Tubos PE-Xc de polietileno reticulado por radiación de electrones según norma UNE EN 15875 y certificado de calidad AENOR provisto de una fina capa de barrera EVOH (copolímeros de alcohol vinílico e etileno). La capa EVOH tiene excelentes propiedades como barrera anti-oxígeno por lo que se consigue impedir la entrada de oxígeno en la instalación. De este modo se reducen los problemas de corrosión cuando se combinan tubos de plástico con materiales corrosibles (metálicos), consiguiendo aumentar la vida útil de la instalación. La barrera cumple con los requisitos que aparecen en el anexo A de la norma UNE EN 1264-4.

Descripción del material: PE-Xc / PE-Xc EVOH

Método de reticulación: radiación de electrones

Dimensión en mm	16x1,8	20x1,9	25x2,3	32x3
Diámetro exterior nominal en mm	16	20	25	32
Espesor de pared nominal en mm	1,8	1,9	2,3	3
Diámetro interior nominal en mm	12,4	16,2	20,4	26
Grado de reticulación en %	65-70	65-70	65-70	65-70
Peso en g/m	95	111	162	274
Volumen interno en l/m	0,113	0,201	0,314	0,531
Conductividad térmica en W/mK	0,41	0,41	0,41	0,41
Coefficiente de dilatación en mm/mK	0,15	0,15	0,15	0,15
Rugosidad interna en µm	1,5	1,5	1,5	1,5
Permeabilidad al oxígeno (a 40 °C) en mg/ld	≤ 0,1 / 0**	≤ 0,1 / 0**	≤ 0,1 / 0**	≤ 0,1 / 0**
Temperatura máxima de trabajo en °C	95	95	95	95
Presión máxima de trabajo (a 80 °C) en bar *	8	6	6	6
Presión máxima admisible (a 95 °C) en un corto espacio de tiempo en bar	10	10	10	10
Radio de curvatura	5xD	5xD	5xD	5xD

* Para la Clase de aplicación 5, según UNE-EN ISO 15875 ** Para tubería PE-Xc con barrera antidifusión de oxígeno. Todos los valores son valores guía.

PE-Xb

PE-Xb para suelo radiante, calefacción y fontanería

Tubos PE-Xb de polietileno de alta densidad reticulado por silano según norma UNE-EN ISO 15875 y certificado de calidad AENOR. Destinado a su utilización en instalaciones de agua caliente y fría en el interior de la estructura de los edificios, para conducción de agua destinada o no al consumo humano (sistemas domésticos) y para instalaciones de calefacción a las presiones y temperaturas de diseño de acuerdo con la clase de aplicación.



Descripción del material: PE-Xb

Método de reticulación: silano

Dimensión en mm	16x1,8	20x1,9
Diámetro exterior nominal en mm	16	20
Espesor de pared nominal en mm	1,8	1,9
Diámetro interior nominal en mm	12,4	16,2
Grado de reticulación en %	65	65
Conductividad térmica en W/mK	0,035	0,035
Coefficiente de dilatación en mm/mK	1,4x10 ⁻⁴ K	1,4x10 ⁻⁴ K
Temperatura máxima de trabajo en °C	90°C	90°C
Presión máxima de trabajo (a 80 °C) en bar*	8,1	6,5
Presión máxima admisible (a 90 °C) 1 año/50 de vida del tubo, bar*	8,7	7

* Para la Clase de aplicación 5, según UNE-EN ISO 15875

SUELO RADIANTE

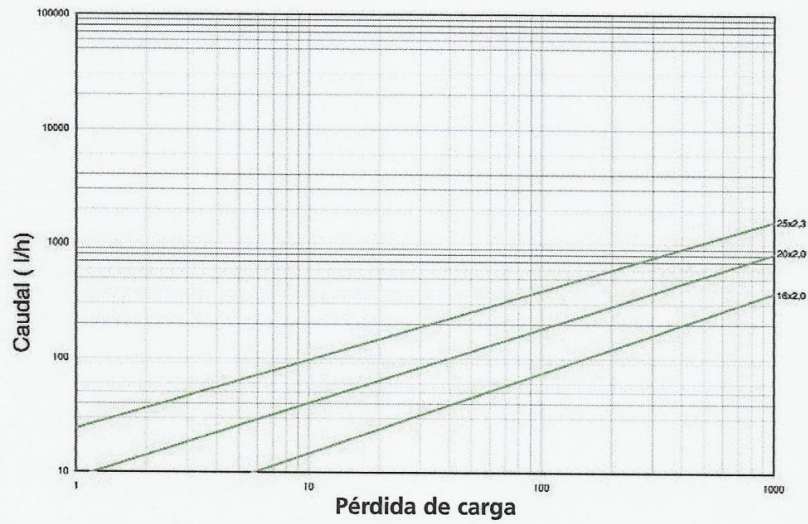


Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Tubos de polietileno reticulado



Tarifa

Descripción		Referencia	Precio €/m
PE-Xc - Dimensión 12 mm	ROLLO de 50 m (*)	5100072185	1,18
PE-Xc - Dimensión 16 mm	ROLLO de 200 m	5100072089	1,20
	ROLLO de 600 m	5100072060	1,20
PE-Xc - Dimensión 20 mm	ROLLO de 200 m	5100072014	1,40
	ROLLO de 600 m	5100072015	1,40
PE-Xc - Dimensión 25 mm	ROLLO de 50 m	5100072025	2,75
PE-Xc - Dimensión 32 mm	ROLLO de 50 m	5100072066	5,30
EVOH 12 mm	ROLLO de 200 m (*)	5100072041	1,30
EVOH 16 mm	ROLLO de 200 m	5100072073	1,30
	ROLLO de 600 m	1342161317	1,30
EVOH 20 mm	ROLLO de 200 m	5100072139	1,60
	ROLLO de 600 m	4122000001	1,60
PE-Xb - Dimensión 16 mm	ROLLO de 200 m (*)	4111600004	0,94
PE-Xb - Dimensión 20 mm	ROLLO de 200 m (*)	4112000001	1,22

(*) Consultar disponibilidad



SUELO RADIANTE

Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

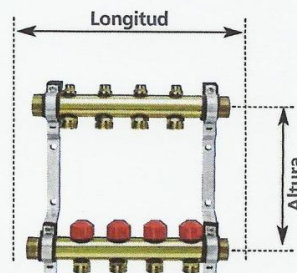
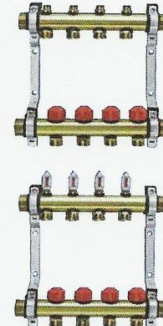
Componentes – Colectores compactos de latón HKV / HKV-CL

Colectores compactos 1" modelo HKV (con detentor)

Colector de ida y retorno en latón, rosca macho 1" en ambos lados y salida a circuitos con conexión cónica 3/4". Colector de ida con detentores regulables con llave allen, para equilibrado hidráulico de los circuitos. Colector de retorno con válvulas termostaticables M 30 con caperuza de cierre manual, sustituible por actuador electrotérmico. Soporte insonorizado.

Colectores compactos 1" modelo HKV-CL (con caudalímetro)

Colector de ida y retorno en latón, rosca macho 1" en ambos lados y salida a circuitos con conexión cónica 3/4". Colector de ida con indicador/regulador de caudal incorporado para cada circuito, para equilibrado hidráulico de los mismos. Colector de retorno con válvulas termostaticables M 30 con caperuza de cierre manual, sustituible por actuador electrotérmico. Soporte insonorizado.



Dimensiones

Nº salidas	Longitud (mm)	Altura (mm)	Profundidad (mm)	Ø
3	304	225	780	1"
4	358	225	780	1"
5	412	225	780	1"
6	466	225	780	1"
7	520	225	780	1"
8	574	225	780	1"
9	628	225	780	1"
10	682	225	780	1"
11	736	225	780	1"
12	790	225	780	1"

Tarifa

	HKV con detentor		HKV-CL con caudalímetro	
	Referencia	€/ud.	Referencia	€/ud.
Colector de 3 Salidas	1115008133	132,10	1115008144	173,00
Colector de 4 Salidas	1115008134	153,20	1115008145	204,00
Colector de 5 Salidas	1115008135	175,00	1115008146	235,00
Colector de 6 Salidas	1115008136	195,10	1115008147	267,00
Colector de 7 Salidas	1115008137	216,00	1115008148	298,00
Colector de 8 Salidas	1115008138	236,80	1115008149	330,00
Colector de 9 Salidas	1115008139	260,00	1115008150	360,10
Colector de 10 Salidas	1115008140	282,80	1115008151	392,00
Colector de 11 Salidas	1115008141	302,00	1115008152	423,00
Colector de 12 Salidas	1115008142	323,00	1115008153	457,00

* Disponibles a partir de Agosto de 2009

SUELO RADIANTE



Tarifa de precios 2009

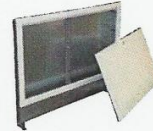
Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Componentes – Cajas metálicas para colectores

Caja blanca empotrable para colectores de latón

Cajas empotrables con marco frontal y puerta extraíbles lacados en blanco. Fondo 80-110mm y altura de 705-775mm regulables. Chapa frontal guía para mortero y media caña protectora del tubo, extraíbles.



Caja blanca empotrable colector plástico

Cajas empotrables con marco frontal y puerta extraíble, lacados en blanco. Fondo 100-170mm y altura de 770-860mm regulables. Incorpora carril DIN en la parte superior para la colocación de equipos eléctricos dividido del resto de la caja por un tabique de separación.



Dimensiones de las cajas empotrables para colectores de latón (HZ, CL, HKV, HKV-CL) y colectores plásticos

Tipo de caja	Caja (interior)		Marco/frontal		Altura	Profundidad
	Ancho exterior	Ancho interior	Ancho exterior	Ancho interior		
Caja blanca empotrable H300	385	345	409	341	705-775	80-110
Caja blanca empotrable H400	435	395	459	391	705-775	80-110
Caja blanca empotrable H500	489	449	513	445	705-775	80-110
Caja blanca empotrable H600	574	534	598	530	705-775	80-110
Caja blanca empotrable H750	724	684	748	680	705-775	80-110
Caja blanca empotrable H900	874	834	898	830	705-775	80-110
Caja blanca empotrable H1050	1024	948	1048	980	705-775	80-110
Caja blanca empotrable colector plástico 2 -7 salidas	730	700	750	690	770-860	100-170
Caja blanca empotrable colector plástico 8 - 12 salidas	930	900	950	890	770-860	100-170

Gráfica para seleccionar la caja más adecuada a cada uno de los colectores

Tipo de caja		Cajas modelo H, no aptas para colector plástico.					
Para colector plástico	Para colector Latón						
Caja empotrable colector plástico 8 - 12 salidas	H1050	[Diagram showing box selection ranges for different collector types and outlet counts]					
Caja empotrable colector plástico 2 - 7 salidas	H900						
	H750						
Caja empotrable colector plástico 2 - 7 salidas	H600						
	H500						
H400							
Tipo de colector							
Nº salidas colectores HZ/CL		3	4	5-6	7-8-9	10-11-12	
Nº salidas colectores HKV/HKV-CL		3	4	5	6-7-8	9-10-11	12
Nº salidas colectores plásticos modulares		2-3-4-5-6-7			8-9-10-11-12		

Tarifa

Descripción	Referencia	Precio €
Caja blanca empotrable H400	1856904000	101,50
Caja blanca empotrable H500	1856905000	107,50
Caja blanca empotrable H600	1856910000	116,30
Caja blanca empotrable H750	1856915000	128,50
Caja blanca empotrable H900	1856920000	141,40
Caja blanca empotrable H1050	1856925000	154,00
Caja blanca empotrable – colector plást. 2 – 7 salidas	1135003764	225,00
Caja blanca empotrable – colector plást. 8 – 12 salidas	1135003765	252,00



SUELO RADIANTE

Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Componentes - Accesorios principales

Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €	
	Tira perimetral aislante Aislamiento periférico de espuma de poliestireno de 8 mm de espesor y 130 mm de altura, con film de PE pegado para proteger las juntas de la dilatación del mortero. Bordea las placas aislantes y asegura una total independencia entre la losa flotante y las paredes. De este modo, permite la libre dilatación y evita los puentes térmicos y acústicos.		€/m	
	Tira BL 25 / 130	ROLLO 25 m	4013010085	0,70
	Grapas de Fijación Rothaflex Original y patentada. Con púa de tope y doble arpón para la perfecta fijación del tubo. Color negro. Apta para tubería de sección 16, 17 y 20 mm. Cantidad útil: 3 grapas por metro lineal de tubería.		€/ud	
	Grapa Rothaflex-K	CAJA 300 uds	4013010066	0,10
	Perfil para junta de dilatación Conjunto compuesto de espuma de PE en perfil angular plástico. Diseñado para superficies radiantes de más de 40 m ² o aquellas en las que la longitud es, como mínimo, dos veces la anchura, para desolidarizar la losa del mortero y evitar fisuras en el propio suelo. Es aconsejable proteger la tubería de suelo radiante, con tubo corrugado en el tramo que atraviesa el perfil.		€/perfil	
	Perfil junta 1.80m SET	CAJA 10 perfiles (1.80 por perfil)	431010003	19,00
	Codo guía Codo de plástico rígido para doblar el tubo con seguridad y precisión en ángulo de 90° hacia el distribuidor o protegerlo en esquinas, rozas, etc.		€/ud	
	Codo guía	UNIDADES SUELTAS	4013010415	1,55
	Aditivo para el mortero AD 10 Aditivo que proporciona una gran eficacia fluidificante y plastificante para mortero del suelo radiante. Aumenta la densidad aparente y mejora la solidez. Permite un mejor recubrimiento del tubo. Se consiguen pavimentos de alta resistencia y libres de grietas, cuando se aplica de manera adecuada. No contiene ingredientes agresivos. No ataca al plástico ni al metal. Dosificación: El aditivo se mezcla previamente con el agua en razón de: un barril de agua de 200 litros, dosificar 1 litro de aditivo y remover bien. Con esta mezcla de agua y aditivo se prepara posteriormente la masa, con relación agua/cemento aproximada de 1/3.		€/bidón	
	Aditivo AD 10	BIDÓN 10 litros	4013010061	69,35
	Aditivo para mortero AD 25 PLUS Aditivo de material sintético en dispersión, de elevada eficacia fluidificante y plastificante para mortero del suelo radiante. No contiene ingredientes agresivos. Especialmente diseñado para soldados calefactores de cemento de capa fina. No ataca al plástico ni al metal. Dosificación: El aditivo AD 25 Plus se debe añadir directamente a la mezcla cemento-arena, en una proporción de 5% del peso del cemento, y no en el bidón de agua. Se recomienda trabajar el mortero en una hormigonera o mejor en un grupo de presión con manguera. El mortero debe mezclarse hasta hacer una masa ligeramente plástica. Nota: Si la capa de mortero va a ser tan fina que exista riesgo de grietas, se puede añadir 1 Kg/m ³ de fibra de vidrio (unos 150-200 gramos de fibra de vidrio por hormigonera de 200 litros).		€/bidón	
Aditivo AD 25 PLUS	BIDÓN 25 litros	4013010062	227,00	

SUELO RADIANTE



Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Componentes - Valvulería				
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €	
	Racor para unir el tubo al distribuidor . Conexión cónica roscada 3/4" Formada por tres piezas: racor loco hembra 3/4", anillo opresor y teta de soporte con eurocono y junta tórica.			€/ud
	Racor 16 x 2- 3/4"	BOLSA 10 ud	1066162000	3,20
	Racor 20 x 2- 3/4"	BOLSA 10 ud	1066202000	3,20
	Válvulas de corte de esfera para colectores HZ / CL y colector plástico modular Válvula de esfera de corte para colector de ida y retorno, fabricada en latón niquelado, con rosca hembra 1" y racor loco de unión con rosca macho 1".			€/ud
	Válvula corte esfera 1" colect. HZ / CL y plásticos		4013010421	17,10
	Válvulas de corte de esfera 1" para colectores HKV / HKV-CL Válvula de esfera de corte para colector de ida y retorno, fabricada en latón, con rosca macho 1" y racor loco de unión con rosca hembra 1".			€/ud
	Válvula corte esfera 1" colectores HKV / HKV-CL		1150008821	64,90
	Terminal vaciado/llenado y pugador 1" para colectores HKV / HKV-CL Terminal vaciado llenado y purgador 1".			€/ud
	Terminal vaciado/llenado y purgador 1"		1150008823	31,90
	Juego de válvulas de corte Juego de válvulas de corte para colector, rectas o de escuadra, con rosca hembra 1" y racor loco de unión con rosca macho 1". El juego de escuadra incluye un prolongador para la separación de las válvulas.			€/ud
	Juego 2 válvulas rectas 1"		1853703000	65,20
	Juego 2 válvulas escuadra 1"		1853803000	65,20
	Válvula de zona GRAN CAUDAL Válvula de 2 vías recta de corte para colector de ida, con rosca hembra 1" y tuerca unión con rosca macho 1". Accionables con el actuador M 28.			€/ud
	Válvula de zona GRAN CAUDAL 3/4" Kvs 5,1		1772302000	35,15
	Válvula de zona GRAN CAUDAL 1" Kvs 5,1		1772303000	48,00
	Válvula de corte de asiento gran caudal para retorno Válvula de asiento de corte gran caudal para colector de retorno, fabricada en latón niquelado, con rosca hembra de 1" y racor loco de unión con rosca macho de 1".			€/ud
	Válvula de corte de asiento para retorno 1"		1372303000	54,30
	Válvula de zona 3 vías diversora sin bypass Válvula de 3 vías diversora. Accionables con el actuador electrotérmico M 28.			€/ud
	Válvula de zona 3V CT Kvs 3,00 DN 20		1776139000	32,10
	Válvula de zona 3V CT Kvs 6,44 DN 25		1776140000	40,00
	Válvula de zona 3V CT Kvs 6,44 DN 32		1776141000	43,00
	Racor para válvula de zona 3 vías diversora Racor con junta plana.			€/ud
	Racor para válvula: 3V CT para referencia 1776139000		1622012000	7,25
	Racor para válvula: 3V CT para referencia 1776140000		4510000001	11,20
	Racor para válvula: 3V CT para referencia 1776141000		4510000002	14,65
	Volante para regulación manual Volante roscado, M28, para regulación manual de válvulas de colector.			€/ud
	Volante regulación manual		1910280000	3,45



SUELO RADIANTE

Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Regulación - Centrales de regulación y control			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
	Centrales compactas de regulación CRC Central de regulación completa para la conexión. Incluye regulación de temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior. Incorpora bomba de circulación, válvula de 4 vías basculante accionada por servomotor con bypass automático y –opcionalmente- una válvula de sobrecaudal y presión diferencial. Cuadro de control con reloj digital de programación diaria, semanal o vacaciones. Lista para ser enchufada. Se suministra con sonda de impulsión, sonda exterior, 2 termómetros con vaina, y 4 racores de conexión con rosca hembra. El modelo CRC-1 incorpora circulador UPS 25-60 // El modelo CRC-2 incorpora circulador UPS 25-80 €/ud		
	Central de regulación compacta CRC-1	4013010429	1.750,00
	Central de regulación compacta CRC-2	1135000831	1.975,00
	Central de Regulación compacta CRCV Funciones similares a la CRC, pero preparada para su conexión y montaje dentro de la propia caja del colector. €/ud		
	Central de regulación compacta CRCV	4013010430	1.910,00
	Válvula de sobrecaudal para CRC Válvula de presión diferencial y sobrecaudal para CRC-1 y CRC-2. €/ud		
	Válvula sobrecaudal para CRC	4013010431	155,00
	Sonda ambiente local RRS Sonda ambiente que permite el control de la temperatura ambiente a través una central de regulación compacta, modelo CRCV. €/ud		
	Sonda ambiente local RRS	4013010433	70,00
	Central de regulación digital RVA-1 Central de regulación digital para control de instalaciones de suelo radiante y ACS. Optimiza la temperatura de impulsión en función de la temperatura exterior. Controla la impulsión mediante una salida para válvula mezcladora a 3 puntos. En el display se pueden realizar todas las programaciones –ajuste de hora, periodos de calefacción y ACS, ajuste de temperaturas-, leer los valores reales de la temperatura exterior, impulsión, ambiente y ACS, así como el estado de funcionamiento de válvulas y relés. Formada por un cuadro de control digital, base para su conexión y montaje en la pared, sonda exterior y sonda impulsión de contacto. Opcional sonda ambiente y sonda ACS. €/ud		
	Central de regulación digital RVA-1	6466540108	755,80
	Central de regulación digital RVA-2 Para la regulación independiente de dos circuitos de calefacción por suelo radiante o radiadores. Permite el control de dos etapas de quemador. Formada por cuadro de control digital, juego de conectores, sonda exterior y dos sondas impulsión de contacto. Opcional sonda ambiente, sonda ACS y sonda caldera. €/ud		
	Central de regulación digital RVA-2	6466540113	985,00
	Sonda ambiente RVA Sonda ambiente que permite la medición y el control de la temperatura ambiente a través de las centrales digitales RVA-1 y RVA-2. Permite puesta en marcha/paro, botón de presencia para cambio de temperatura de confort/reducida. El modelo digital permite programación horaria y lectura de temperaturas. €/ud		
	Sonda ambiente RVA A-50 regulable	6466540124	125,00
	Sonda ambiente RVA A-70 digital	6466540125	255,00
	Sonda para ACS y caldera Sonda que permite la medición de la temperatura del depósito de ACS o de la caldera a una central de regulación digital RVA. €/ud		
	Sonda para ACS y caldera	6466540123	28,50








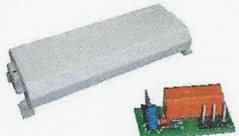
SUELO RADIANTE



Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Regulación - Termostatos			
Gráfico	Descripción	Referencia	Precio €
	Termostato ambiente digital para suelo radiante Termostato ambiente digital de uso sencillo. Indicación en pantalla de la temperatura ambiente, temperatura de consigna, estado de contacto y cambio de pilas (Lb). Interruptor marcha/ paro. Temperatura de regulación: 5-35° C. Diferencial: 0,3° C.		€/ud
	Termostato ambiente digital	441000009	51,20
	Cronotermostato semanal SR Posibilidad de programar la calefacción en ciclos de 7 días o de 24 horas, con 6 periodos de temperatura independientes para cada día. Modos de funcionamiento automático, confort continuo, reducción y antihielo. Pantalla LCD de gran tamaño. Apto también para radiadores. Temperatura regulación: 5-35°C.		€/ud
	Cronotermostato semanal SR	441000015	125,50
	Termostato de seguridad para inmersión Con rearme manual. Conexionado a la bomba de impulsión asegura el paro de la instalación de calefacción por exceso de temperatura. Temperatura de consigna: 60° C.		€/ud
	Termostato inmersión c/rearme	431000002	27,50
	Actuador/Cabezal electrotérmico universal Para el control de cada circuito. Sistema de conexión rápida M30 ó M28, según modelo, para montaje sobre válvulas del distribuidor o para las válvulas de zona y de 3 vías. Ajuste NC, normalmente cerrado (Sin tensión, válvula cerrada). Con cable de conexión. Tiempo de apertura/cierre de 3 min. aprox. Incorpora adaptador elevador para colectores plásticos modulares.		€/ud
	Actuador M30 NC 230V para colectores HKV / HKV-CL	4310100020	35,50
	Actuador M30 NC 24V para colectores HKV / HKV-CL	4310100021	35,50
	Actuador M28 NC 230V para colectores HZ/CL y plásticos	4310100018	35,50
	Actuador M28 NC 24V para colectores HZ/CL y plásticos	4310100019	35,50
	Contacto auxiliar final de carrera para actuador universal Contacto auxiliar para acoplar al actuador/cabezal electrotérmico. Contacto libre de tensión para montaje NC ó NA según versión. Carga máxima admisible 5 (2) A.		€/ud
	Contacto aux. NA fin carrera para actuador universal	4310100022	16,50
	Contacto aux. NC fin carrera para actuador universal	4310100023	16,50
	Actuador/Cabezal electrotérmico para colectores HZ/CL Para el control de cada circuito. Con rosca unión M28 para montaje sobre válvulas de ida del distribuidor o para las válvulas de zona y de 3 vías. Ajuste "NC", normalmente cerrado (Sin tensión válvula cerrada), pero ajustable también a "NA" (Sin tensión válvula abierta).		€/ud
	Actuador M28 NC/NA 230V	1510590230	35,50
	Contacto auxiliar final de carrera para actuador Contacto auxiliar para acoplar al actuador/cabezal electrotérmico. Contacto conmutado libre de tensión para montaje "NC/NA". Carga máxima admisible 5 (2) A a 230 V.		€/ud
	Contacto aux. final carrera M28 NC/NA 230V	1510590300	16,50
	Módulo conexión C6 Unidad de conexiones para la unión clara y sencilla entre actuadores y sus correspondientes termostatos de ambiente o cronotermostatos. Para control de 6 zonas. 220 V.		€/ud
	Módulo conexión C6	4410000025	92,50
	Tarjeta conexión del circulador B1 (para insertar en C6)	4410000027	30,50



SUELO RADIANTE

Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Regulación - Válvulas mezcladoras

Mezcladora de 3 vías de asiento con servomotor

Válvula mezcladora de tres vías de asiento con servomotor eléctrico a 3 puntos y alimentación 230 V para la regulación de agua caliente y fría con cierre total.

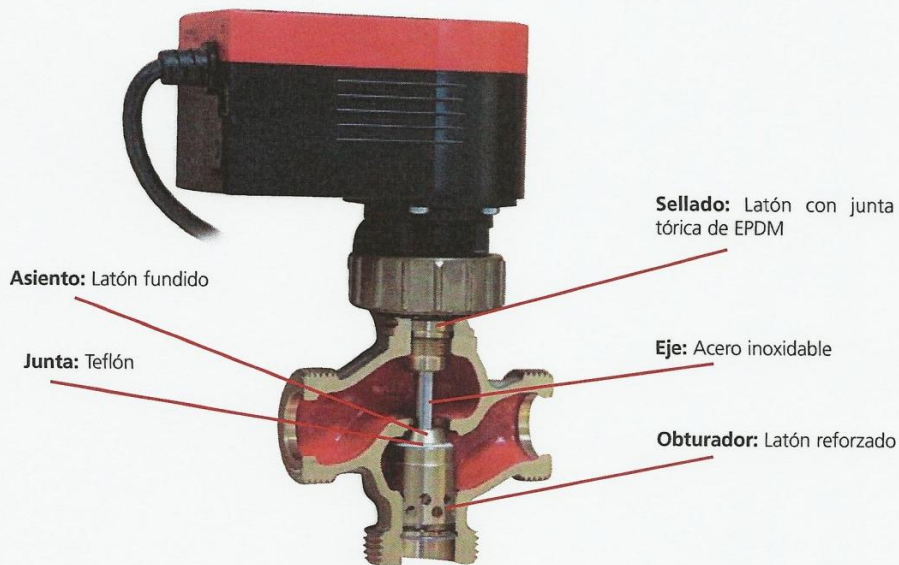
Tanto el cuerpo de la válvula como el asiento están fabricados en latón fundido, la junta del asiento es de teflón para conseguir un cierre total, eje de acero inoxidable y, finalmente, sellado de latón con junta tórica de EPDM.

Obturador de latón reforzado, perforado para conseguir una reducción sonora a la vez que proporcionar una mezcla más homogénea.

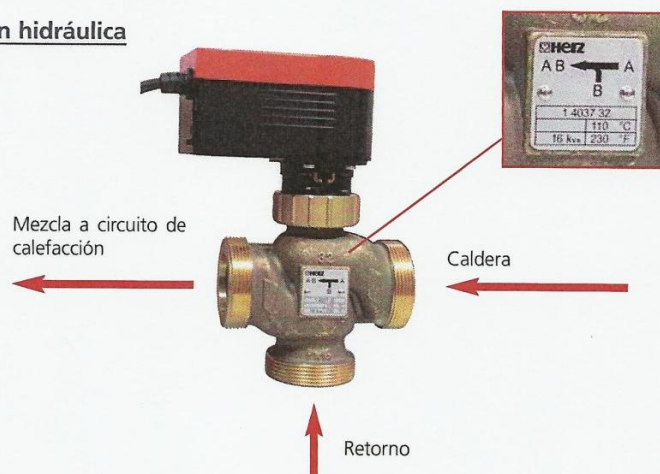
Conexiones roscadas con asiento plano.

El control de la válvula se hace a través de un servomotor eléctrico a 3 puntos consiguiendo ajustar la temperatura de impulsión real a la calculada. El servomotor dispone de tecnología SUT. Con esta tecnología pasa a modo ahorro de energía siempre que llegue a una posición final (totalmente cerrado o totalmente abierto).

Rácores con junta plana fabricados en latón para válvula mezcladora de asiento, no incluidos.



Conexión hidráulica



SUELO RADIANTE



Tarifa de precios 2009

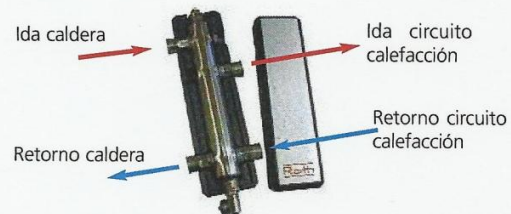
Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Regulación - Válvulas mezcladoras

Separador hidráulico con aislamiento 1"

Dispositivo rompedor de presión para instalaciones de calefacción y refrigeración. Formado por un cuerpo de acero inoxidable de 2" y cuatro conexiones hembra en 1". Incluye purgador, válvula de vaciado y cubierta termoaislante. Especialmente indicado para evitar problemas de cavitación y averías en instalaciones en que haya bombas en serie. Por ejemplo, bomba caldera mural y bomba circuito suelo radiante.



Mezclador con válvula de esfera de 3 vías y servomotor

Conjunto compuesto por válvula de esfera mezcladora de 3 vías, fabricada en latón niquelado, servomotor eléctrico a 3 puntos y alimentación 230 V.



Válvula de presión diferencial

Válvula de escuadra 1" con carcasa metálica de una pieza. Versión cromada.



Racor para válvula presión diferencial

Racor de unión de asiento plano 3/4".



Tarifa

Descripción	Referencia	Precio €
Mezclador 3V de asiento c/servo DN 20 (3/4") Kvs 6,3	441000010	302,00
Mezclador 3V de asiento c/servo DN 25 (1") Kvs 10	441000008	315,00
Mezclador 3V de asiento c/servo DN 32 (1 1/4") Kvs 16	441000011	335,00
Mezclador 3V de asiento c/servo DN 40 (1 1/2") Kvs 25	441000012	400,00
Mezclador 3V de asiento c/servo DN 50 (2") Kvs 40	441000013	425,00
Racor latón c/junta DN 20 (3/4")	451000001	11,20
Racor latón c/junta DN 25 (1")	451000002	14,65
Racor latón c/junta DN 32 (1 1/4")	451000003	21,20
Racor latón c/junta DN 40 (1 1/2")	451000004	30,10
Racor latón c/junta DN 50 (2")	451000005	42,25
Separador hidráulico con aislamiento 1"	441000026	230,00
Mezclador 3V de esfera c/servo DN 20 (3/4") Kvs 21	441000002	275,00
Mezclador 3V de esfera c/servo DN 25 (1") Kvs 26	441000003	295,00
Mezclador 3V de esfera c/servo DN 32 (1 1/4") Kvs 32	441000004	370,00
Mezclador 3V de esfera c/servo DN 40 (1 1/2") Kvs 32	441000005	388,00
Mezclador 3V de esfera c/servo DN 50 (2") Kvs 49	441000001	450,00
Válvula de presión diferencial 3/4" x 1"	1400442000	34,50
Racor para válvula de presión diferencial	1622012000	7,20

Servomotores también disponibles en salida continua (0 - 10V) alimentada a 24V



SUELO RADIANTE

Tarifa de precios 2009

Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

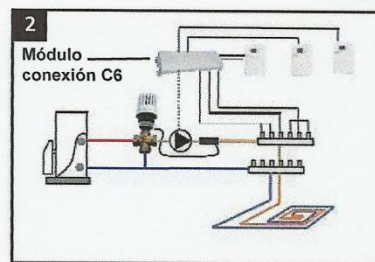
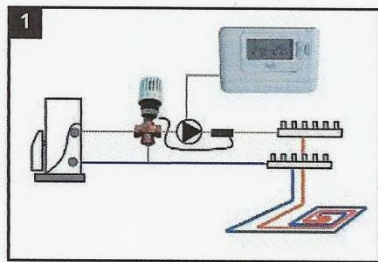
Regulación – A temperatura constante (punto fijo)

Este tipo de regulación consiste en impulsar el agua siempre a una misma temperatura, que se fija a través de un accionador termostático. Se trata por consiguiente de una regulación menos eficiente energéticamente ya que no se tiene en cuenta la temperatura exterior, de manera que en algunos momentos se suministrará a la instalación agua a más temperatura de la necesaria. El control de la temperatura ambiente se realiza a través de un termostato que bien actúa directamente sobre la bomba o bien sobre cabezales termostáticos que a su vez están conectados a la bomba mediante un contacto auxiliar.

Este tipo de regulación esta especialmente indicada para instalaciones de pequeño tamaño. Existen diferentes tipos de válvulas y accionadores termostáticos.

Válvula mezcladora de 3 vías termostática V-135

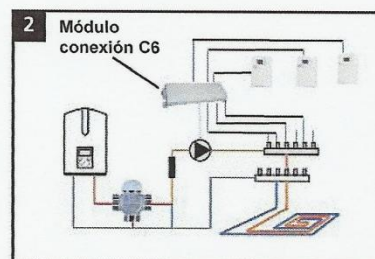
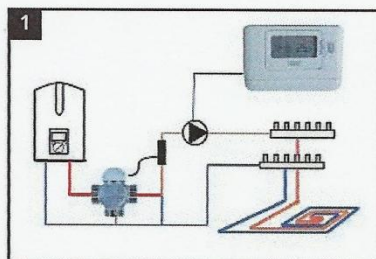
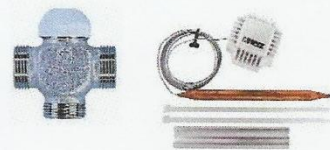
Válvula mezcladora termostática y modulante fabricada en bronce. Ideal para su combinación con el accionador termostático T110-R AA, con rango de temperaturas 10-50°C



La temperatura ambiente puede regularse por zona (1), mediante un cronotermostato que controla toda una planta, o bien por termostato individual (2) en cada local de la edificación.

Válvula de 3 vías con bypass

Válvula de tres vías, niquelada con asiento plano y tapa roscada. Bypass mínimo del 20% del caudal. Especial para suelo radiante con calderas murales. Ideal para su combinación con el accionador termostático con sonda 7420 con rango de temperatura 20-50 °C.



La temperatura ambiente puede regularse por zona (1), mediante un cronotermostato que controla toda una planta, o bien por termostato individual (2) en cada local de la edificación.

SUELO RADIANTE



Tarifa de precios 2009

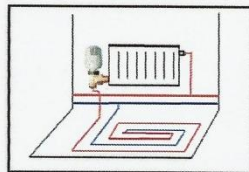
Sin IVA ni transporte

Válida desde el 15.06.2009

Regulación – A temperatura constante (punto fijo)

Válvula para control de temperatura de retorno

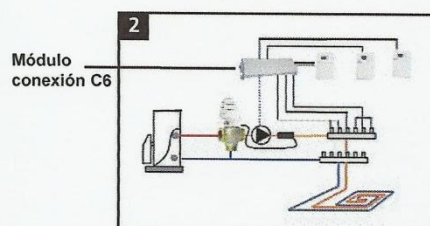
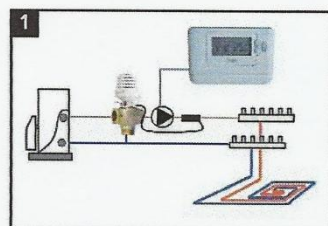
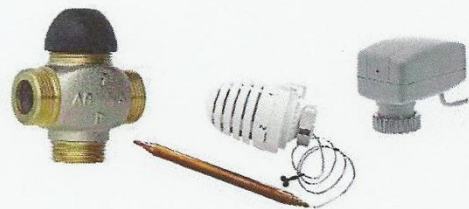
Válvula para el control de la temperatura de retorno en la salida de radiadores para su aprovechamiento en pequeñas instalaciones de suelo radiante. Ideal para su combinación con el accionador termostático de retorno con rango de temperatura 25-60°C.



Válvula mezcladora métrica 30

Valvula termostática mezcladora de 3 vías, para utilización en sistemas de calefacción y refrigeración. Ideal para su combinación con el accionador termostático M30 con sonda. Rango de temperatura 40-70°C.

También puede combinarse con servomotor eléctrico a tres puntos.



La temperatura ambiente puede regularse por zona (1), mediante un cronotermostato que controla toda una planta, o bien por termostato individual (2) en cada local de la edificación.

Tarifa

Válvula mezcladora termostática V135 - 1"	5213252017	120,00
Válvula mezcladora termostática V135 - 1 1/4"	5213252000	133,00
Accionador termostático T110-R AA Rango temperatura 10 - 50 °C	5213252011	125,50
Accionador termostático T100-R AB Rango temperatura 30 - 70 °C	5213252012	125,50
Válvula termostática 3V c/bypass 3/4" Kvs 2,75	1776101000	35,00
Válvula termostática 3V c/bypass 1" Kvs 3,2	1776102000	35,00
Accionador termostático c/sonda 7420	1742006000	45,00
Válvula termostática recta para control temperatura retorno 1/2" - G 3/4"	1773381000	19,75
Válvula termostática escuadra para control temperatura retorno 1/2" - G 3/4"	1772437000	19,75
Accionador termostático de retorno	1720100000	31,00
Válvula mezcladora DN 15 Kvs 4,00	1776261000	37,00
Válvula mezcladora DN 20 Kvs 5,00	1776262000	37,00
Accionador termostático con sonda M30	1942198000	60,00
Servomotor eléctrico a 3 puntos	4410000018	140,00